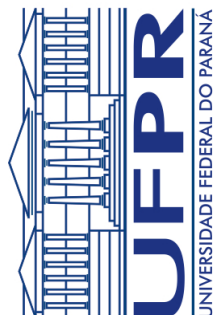


**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

KARINI BORGES DOS SANTOS

**SIMETRIAS E ASSIMETRIAS NA FORÇA
PROPULSIVA DURANTE O NADO ATADO COM E
SEM FADIGA**

Dissertação apresentada como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.



**CURITIBA
2011
KARINI BORGES DOS SANTOS**

**ASSIMETRIAS NA FORÇA PROPULSIVA DURANTE O
NADO ATADO**

Dissertação apresentado como pré-requisito para a obtenção de título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela conquista de mais esta etapa.

Aos meus pais Neilor Borges dos Santos e Araújo T. Borges dos Santos que de forma direta e indireta propiciaram essa oportunidade de desenvolvimento pessoal. Em especial a minha mãe, pelo amparo em todo meu cotidiano e paciência durante minhas crises de estresse. Também aos meus irmãos Cristiano e Keila.

Ao meu namorado, Hernani, por toda ajuda durante a pesquisa, por ser piloto de todos os testes experimentais, pela paciência e compreensão de minha ausência em cada final de semana que precisei dedicar aos estudos. Parceiro!

As amigas Larissa e Priscilla pelo companheirismo desde a época da graduação, por compartilhar os momentos de alegria e desespero durante estes dois anos.

As queridas do laboratório: Paula, Vanessa, Priscila, Larissa, Rafaella e Suelen. Vocês foram mais que parceiras de laboratório, são amizades que pretendo manter.

A todos os colegas e amigos que durante o curso deixaram a estrada menos árdua e mais divertida

Em especial, ao meu orientador, André Rodacki, que tanto colaborou com desenvolvimento desta pesquisa.

Ao prof. Paulo Bento, por todos os ensinamentos e colaboração geral com o estudo.

Aos professores Gleber Pereira e Marcelo Papoti, membros da banca, pela contribuição não só com aporte ao final do trabalho, mas também durante o processo.

Aos técnicos Scherer, Neimar, Marcos e Cristiano pela liberação e incentivo a pesquisa e aos atletas pela participação, boa vontade e bom-humor, mesmo quando precisavam refazer algum teste.

Ao programa CAPES/REUNI e a todos os alunos e professores envolvidos no programa de pós-graduação.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	VII
LISTA DE ANEXOS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE TABELAS	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo geral	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 HIPOTETES.....	4
2 REVISÃO PRELIMINAR DE LITERATURA	6
2.1 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ÁGUA	6
2.1.1 Arrasto.....	7
2.1.2 Propulsão	9
2.2 PARAMETROS CINEMÁTICOS DO NADO.....	12
2.3 MENSURAÇÃO DA FORÇA NA ÁGUA.....	15
2.3.1 Modelo Geral.....	16
2.3.2 Modelo Específico	17
2.4 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE FORÇA NA NATAÇÃO	18
2.4.1 Banco de Natação.....	18
2.4.2 Natação simulada.....	19
2.4.3 MAD System	20
2.4.4 Nado Atado	21
2.5 COMPORTAMENTO DA FORÇA COM A FADIGA	25
2.6 ASSIMETRIAS ENTRE HEMICORPOS	27
2.6.1 Assimetria de coordenação entre hemicorpos	28
2.6.2 Assimetria de aplicação de força entre hemicorpos	30
2.7 SÍNTESE DA REVISÃO	31
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	33

3.2 SUJEITOS	33
3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	33
3.3.1 Medidas Antropométricas.....	35
3.3.2 Testes Experimentais.....	35
3.3.3 Análise cinemática	37
3.3.4 Mensuração da Força em NA.....	38
3.3.5 Mensuração da Força Isométrica	41
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
4. RESULTADOS	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	43
4.2 VARIÁVEIS PROPULSIVAS DO NA	44
4.2.1 Nado atado vs Nado livre	44
4.2.2 Comportamento FB com o decorrer dos testes (NA e NL).....	46
4.3 PERDA DE DESEMPENHO NO NADO	47
4.4 ASSIMETRIA DE NADO ENTRE HEMICORPOS	48
4.4.1 Grupo Unilateral vs Grupo Bilateral.....	48
4.4.2 Grupo maior desempenho vs grupo menor desempenho	49
4.4.3 Comportamento das assimetrias com o decorrer do NA.....	49
4.5 RELAÇÕES ENTRE TESTES DE NADO ATADO E ISOMÉTRICO	50
5. DISCUSSÃO	52
5.1 NADO ATADO	52
5.2 Comportamento dos parâmetros propulsivos com o decorrer do NA.....	56
5.3 ASSIMETRIAS NO NA	57
5.3.1 Associação entre assimetrias em condição de fadiga.....	59
5.4 NADO ATADO vs TESTE ISOMÉTRICO	60
6. CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

TDF – Taxa de desenvolvimento de força

NA – Nado atado

FP_{NA} – Força pico em nado atado

NL – Nado livre

I_{NA} – Impulso em nado atado

CB – Comprimento de braçada

FB – Frequência de braçada

IN – Índice de nado

VM – Velocidade média

FM_{NA} – Força média em nado atado

Cr – Crawl

VL – Velocidade limpa

FI_{MAX} – Força isométrica

F – Força (N)

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	71
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – FOTO DEMONSTRATIVA DO APARELHO “BANCO DE NATAÇÃO” UTILIZADO PARA A MENSURAÇÃO DA FORÇA DE NADADORES.....	19
FIGURA 2.2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE ERGÔMETRO DE BRAÇO (A) E PERNA (B) DA NATAÇÃO SIMULADA.....	20
FIGURA 2.3 – MODELO ESQUEMÁTICO DO <i>MEASUREMENT OF ACTIVE DRAG SYSTEM</i> (MAD SYSTEM).....	21
FIGURA 2.4 – IMAGEM REPRESENTATIVA DO NADADOR ATADO AO SISTEMA DE POLIAS SUSTENTANDO UMA CARGA.....	21
FIGURA 2.5 – MODELO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DESENVOLVIDO PARA DETERMINAR A FORÇA E IMPULSO EM NADO ATADO	23
FIGURA 2.6 – EXEMPLO DA FORÇA INSTANTÂNEA DE UM NADADOR PARA A CURVA DO TEMPO EM TESTE DE 30S MÁXIMOS EM NADO ATADO.....	27
FIGURA 3.1 – SISTEMA DE NADO ATADO EMPREGADO PARA O TESTE DE FORÇA DOS NADADORES	36
FIGURA 3.2 – TRAÇADO EXEMPLIFICATIVO DA CAPTURA DE IMAGEM PARA CALCULO DA VELOCIDADE LIMPA EM NADO ATADO.....	37
FIGURA 3.3 – ESQUEMATIZAÇÃO DO ÂNGULO DO CABO MEDIDO POR FOTOGRAFIA UTILIZADO PARA CORRIGIR OS VALORES DAS FORÇAS PROPULSIAS	39
FIGURA 3.4 – REPRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS PROPULSIVOS DO NADO ATADO .	40
FIGURA 3.5 – COMPORTAMENTO TÍPICO DA QUEDA DE FORÇA MÉDIA (INI, MEI, FIM) PARA O TESTE DE 2MIN NA	40

FIGURA 3.6 – ESQUEMA DO POSICIONAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA FORÇA ISOMÉTRICA DOS MEMBROS SUPERIORES	41
FIGURA 4.1 – CORRELAÇÃO ENTRE A FORÇA PICO NO NADO ATADO (FP_{NA}) E A VELOCIDADE DE NADO LIVRE (VL_{NL}) ENTRE DIFERENTES INSTANTES (A = INÍCIO, B = MEIO E C=FIM) E SEUS RESPECTIVOS VALORES MÉDIOS (D)	45
FIGURA 4.2 – CORRELAÇÃO ENTRE A MÉDIA DE FORÇA NO NADO ATADO (MF_{NA}) E A VELOCIDADE DE NADO LIVRE (VL_{NL}) ENTRE DIFERENTES INSTANTES (A = INÍCIO, B = MEIO E C=FIM) E SEUS RESPECTIVOS VALORES MÉDIOS (D).....	45
FIGURA 4.3 – CORRELAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA DE BRAÇADA NOS NADOS ATADO (FB_{NA} E FB_{NL}) ENTRE DIFERENTES INSTANTES (A = INÍCIO, B = MEIO E C=FIM) E SEUS RESPECTIVOS VALORES MÉDIOS (D)	46
FIGURA 4.4 – COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BRAÇADA NO NADO LIVRE (FB_{NL}) E ATADO (FB_{NA}) ENTRE DIFERENTES INSTANTES (INÍCIO, MEIO E FIM).....	47
FIGURA 4.5 – ASSIMETRIAS DE FORÇA PICO (FP_{NA}), FORÇA MÉDIA (FM_{NA}), IMPULSO (I_{NA}), E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA (TDF_{NA}) ENTRE DIFERENTES INSTANTES (INÍCIO, MEIO E FIM).....	47
FIGURA 4.6 – COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DE NADO ATADO DURANTE O INÍCIO, MEIO E FIM DO TESTE	50

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – QUADRO SINÓPTICO, CRONOLÓGICO, DE ESTUDOS REALIZADOS COM SISTEMAS DE NADO ATADO OU SEMI - ATADO	24
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - DADOS DE DOMINÂNCIA, PREFERÊNCIA DE RESPIRAÇÃO, ESTILO QUE COMPETEM, MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE IDADE, ESTATURA, MASSA CORPORAL TOTAL, ÍNDICE DE MASSA CORPORAL E TEMPO DE CONCLUSÃO DE 200 METROS CRAWL	44
TABELA 4.2 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO FORÇA PICO, FORÇA MÉDIA, TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA E IMPULSO NO NADO ATADO	48
TABELA 4.3 – COMPARAÇÃO DAS ASSIMETRIAS DOS PARÂMETROS PROPULSIVOS ENTRE GRUPOS COM PREFERÊNCIA DE RESPIRAÇÃO BILATERAL E PREFERÊNCIA UNILATERAL	48
TABELA 4.4 – COMPARAÇÃO DAS ASSIMETRIAS DOS PARÂMETROS PROPULSIVOS ENTRE GRUPO DE MAIOR HABILIDADE E GRUPO DE MENOR HABILIDADE.....	49
TABELA 4.5 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA FORÇA ISOMÉTRICA MÁXIMA (FIMAX) E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA ISOMÉTRICO (TDFI) PARA HEMICORPOS DE MAIOR E MENOR APLICAÇÃO DE FORÇA.....	51

RESUMO

O nado crawl é um exercício simétrico, no qual o desempenho depende da proficiência de cada segmento em gerar forças propulsivas. A capacidade de gerar força propulsiva simetricamente é importante para a obtenção de elevadas performances. Nado atado é uma alternativa metodológica para avaliar presença/ausência de assimetrias entre hemicorpos. Este estudo objetivou analisar relação das forças propulsivas entre os hemicorpos direito e esquerdo durante o nado atado em situações que envolvem fadiga. Adicionalmente parâmetros propulsivos obtidos ao longo de 2 min de nado atado foram correlacionados com velocidade de uma prova de 200m de nado livre e com parâmetros isométricos obtidos em um teste de 3s de contração isométrica voluntária máxima. Vinte e um atletas (21.6 ± 4.7 anos) foram avaliados nos parâmetros de força pico, força média, impulso e taxa de desenvolvimento de força em nado atado, durante 10s no início, meio e fim do teste, através de uma célula de carga. A frequência de braçada em nado livre e atado, velocidade limpa em nado livre, força isométrica máxima e taxa de desenvolvimento de força em teste de contração isométrica foram quantificadas. Somente a força pico no nado atado se correlacionou com a velocidade do nado livre. A frequência de braçada no nado atado apresentou queda em todos os instantes da prova, enquanto no nado livre tais quedas foram encontradas apenas entre o início e o meio da prova. Assimétrias foram encontradas entre hemicorpos para todas as variáveis avaliadas ($p < 0,05$) indicando diferenças entre os lados direito e esquerdo durante o nado. Uma análise sobre preferência respiratória não revelou influência da assimetria ($p > 0,05$). Por outro lado, quando a performance foi considerada, maior assimetria foi encontrada no grupo de menor desempenho ($p < 0,05$). As variáveis mensuradas no teste isométrico não foram correlacionadas com aquelas empregadas para caracterizar o nado atado. A identificação de deficits de força entre membros é relevante para que técnicos e atletas incluam treinamentos compensatórios específicos para a melhoria do desempenho na natação, visto que menores assimetrias são associados às melhores performances.

Palavras chaves: nado atado, força propulsiva, assimetria.

ABSTRACT

Crawl style is an asymmetric exercise, in which the performance depends on the proficiency of each segment to generating propulsive forces. The ability to symmetrically generate propulsive force is important to obtain high performances. Tethered swimming is a methodological alternative to assess the presence/absence of asymmetries between body sides. This study aimed to analyze the relationship of the propulsive forces between left and right sides during tethered swimming under fatigue conditions. Additionally, propulsive parameters obtained during 2 min of tethered swimming were correlated with swimming speed in a 200m free style swimming test and with isometric parameters obtained in a 3s maximal voluntary isometric contraction test. Twenty-one athletes (21.6 ± 4.7 years-old) were assessed in their peak force, mean force, impulse, and rate of force development using a load cell during 10s in the beginning, middle and the end of the tethered swimming test. Stroke frequency in the free and tethered swimming tests, swimming speed in the free style test, maximal voluntary isometric contraction test and the rate of force development were quantified. Only the peak force in tethered swimming was correlated with the speed in free style. Stroke frequency showed a fall in all instants of tethered swimming. In the free swimming, falls were found only between the beginning and the middle of the test. Asymmetries were found in all hemi bodies in all measured variables ($p < 0.05$) and indicated differences between the left and the right sides during swimming. A preferred breathing side analysis did not revealed an influence of asymmetry. On the other hand, when the performance was considered, greater asymmetry was found in the group with lower performance. The variables measured in the isometric test did not correlate with those applied to describe the tethered swimming. Identifying force deficits between segments is relevant for athletes and coaches as they may include specific compensatory training to improve the swimming performance, as small asymmetries are related to best performances.

Keys words: tethered swimming, propulsive force, asymmetries.

1. INTRODUÇÃO

Força e potência são consideradas capacidades determinantes no desempenho esportivo e possuem elevada correlação com a velocidade de execução de movimentos em muitos esportes (MARINHO, 2002). No caso específico da natação, muitos autores atribuem grande importância da capacidade força no incremento da velocidade (PAPOTI et al., 2007; Sharp et al., 1982; SMITH et al., 2001; TOUSSAINT e BEEK, 1992). Assim, o treinamento de força e sua quantificação são fundamentais no processo de construção de resultados mais expressivos no âmbito da natação competitiva de alto rendimento.

Dois tipos de avaliação têm sido mais freqüentemente empregados para mensurar a força dos nadadores. Um modelo geral que compreende testes físicos e motores, dos quais se destacam as avaliações isométricas, por sua acessibilidade e reprodutibilidade (MARINHO e JUNIOR, 2003), todavia, apesar da elevada padronização e ampla utilização, esses testes não possuem muita relação com os gestos motores executados durante o nado, posto que são desempenhados fora da água e recebem severas críticas por sua falta de especificidade por não reproduzir a demanda neuromuscular e biomecânica da execução do movimento da braçada (MARINHO, 2002). Por outro lado, o modelo específico é realizado durante o nado e possui a vantagem de apresentar maior grau de similaridade com as ações motoras realizadas pelo nadador, todavia, as medidas não são facilmente obtidas. Assim, mensurações do nado propriamente dito têm sido consideradas como mais apropriadas (COSTILL, 1980). Os principais meios específicos utilizados para medir força durante o nado são os testes de *Measurement of Active Drag System* (MAD system) e o nado atado (NA).

O teste de nado atado, apresenta vantagens por permitir a coleta de grande número de valores em pequeno espaço de tempo (PAPOTI et al., 2007) visto que as forças geradas ao longo de números de braçadas são monitoradas continuamente. Sua metodologia consiste na determinação das forças propulsivas obtidas enquanto o nadador é preso na região da cintura por meio de um cabo que contém um dispositivo de medição de força (célula de carga) (PAPOTI et al., 2003). A técnica é simples, mas passível de restrições, visto o nadador não se mover em relação à água do mesmo modo que livremente (YATER et al., 1981), podendo ocorrer mudanças na trajetória da propulsão da braçada (MAGLISCHO e MAGLISCHO,

1984). No entanto, é um ergômetro reproduzível (HOOPER et al., 1998; PAPOTI et al., 2005; MARINHO, 2002; SANTHIAGO, 2009), altamente correlacionado com performances em nado livre (PAPOTI et al., 2003) e sensível aos efeitos do treino (TRAPPE et al., 2001; Papoti 2007). Além disso, marcadores fisiológicos em NA apresentam alta correlação com os medidos em nado livre (SANTHIAGO, 2009; PAPOTI, 2010) e força crítica mensurada em nado atado pode ser utilizada na determinação da capacidade aeróbia e prescrição do treinamento em NA (PERANDINI, 2007; SANTHIAGO, 2009; PAPOTI, 2010). Durante o NA, as forças propulsivas são continuamente monitoradas, logo, as ações do hemitórax direito e esquerdo podem ser determinadas e comparadas.

Além da importância na habilidade de gerar força na natação, a capacidade de sua manutenção ao longo da prova parece desempenhar um papel relevante para desempenhos de alto rendimento. A fadiga é um fator limitante para o desempenho e está diretamente relacionada com a capacidade de gerar forças e manter a velocidade durante o nado (TOUSSANT et al., 2006). Estudos têm reportado mudanças técnicas de aumento de frequência de braçada (FB) e diminuição no comprimento da braçada (CB) após a realização de exercícios exaustivos nos quais a velocidade deve ser mantida (ALBERTY et al., 2009). Declines na capacidade de produção de força são observados em nadadores e relacionam-se com marcadores fisiológicos (ex. lactato sanguíneo), e tem sido consideradas com um bom estimador de performance anaeróbica (MOROUÇO, 2009). No entanto, não se encontra na literatura estudos dedicados à análise do declive da fadiga entre hemitóraxes individualmente.

O nado crawl é descrito pela literatura como um exercício alternado, enquanto um braço gera propulsão o outro realiza a recuperação, entretanto, essa alternância de braçada não garante uma simetria de propulsão (TOURNY-CHOLLET et al., 2009). A simetria de membros superiores é importante para a obtenção de elevadas performances, além de garantir uma demanda equilibrada sobre os pares de músculos homólogos envolvidos no nado. De fato, assimetrias cinéticas e cinemáticas já foram observadas em nadadores, embora pesquisadores não tenham determinado os fatores de sua causalidade que pode envolver déficit de controle motor (CHOLLET et al., 2000), dominância ou fatores associados à própria técnica de nado (ex.: respiração, posicionamento da cabeça e assimetria na rotação do corpo - SEIFER et al., 2005; OLIVIER et al., 2008).

Apesar da força aplicada por braçada durante o nado crawl ser uma variável amplamente analisada, estudos dedicados à avaliação da simetria de aplicação da força durante o nado são escassos. Assim, o NA parece ser uma alternativa metodológica atrativa para a mensuração desta variável (MORE, 2007).

O presente estudo objetiva analisar a relação das forças propulsivas entre os hemicorpos direito e esquerdo durante o NA em situações que envolvem fadiga. Em adição, visa correlacionar força em NA com velocidade em nado livre e comparar os valores resultantes do teste específico com a avaliação de força isométrica. A análise da simetria sobre as forças aplicadas e seu efeito sobre o desempenho do nado são importantes por orientar técnicas de treinamento que visem evitar o risco de fadiga prematura, potencialmente reduzir os riscos de lesão (ex. instabilidade da articulação do ombro - CHOLLET et al., 2005), além de permitir a identificação, correção e impedir o agravamento de assimetrias (SEIFER et al., 2005). Dessa forma, espera-se melhorar o desempenho e reduzir o risco de lesão associados às assimetrias entre membros, especialmente durante situações que envolvem fadiga onde se esperam estratégias compensatórias para reduzir o déficit da capacidade de produção de força necessário para manter o desempenho de alto rendimento na natação.

1.1 Objetivo Geral

Analisar a relação entre as forças propulsivas dos hemicorpos direito e esquerdo durante o nado atado em situações que envolvem fadiga.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para cumprir com o objetivo geral do estudo, foi necessário a elaboração de um conjunto de objetivos específicos que compreendem:

- Descrever as variáveis: força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso no nado atado
- Correlacionar força pico e força média em nado atado com a média da velocidade limpa no nado livre
- Correlacionar frequência de braçadas em nados livre a atado

- Determinar o comportamento do parâmetro cinemático, frequência de braçada com o decorrer dos testes nado atado e nado livre.
- Determinar o efeito da fadiga sobre as variáveis relacionadas às forças propulsivas
- Comparar as variáveis relacionadas às forças propulsivas no nado atado (força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e o impulso) entre os segmentos direito e esquerdo dos nadadores.
- Definir efeito da preferência respiratória (unilateral ou bilateral) sobre simetrias das forças propulsivas entre hemicorpos.
- Avaliar o comportamento das simetrias de força entre hemicorpos para grupos de maior e menor performance
- Verificar comportamento das simetrias das forças propulsivas entre os hemicorpos com o decorrer do teste de nado atado.
- Comparar e correlacionar as variáveis força pico e taxa de desenvolvimento de força obtidas no teste isométrico com as obtidas no início (10seg) do teste de nado atado.

1.2 HIPÓTESES:

Para que os objetivos específicos sejam testados, será necessário testar um número de hipóteses experimentais:

- H₁: força pico em nado atado se correlaciona com a velocidade média limpa em nado livre.
- H₂: força média em nado atado se correlaciona com a velocidade média limpa em nado livre.
- H₃: No nado atado, valores de frequência de braçada são mais elevados em relação ao nado livre, porém as frequência de braçadas entre nado atado e livre se correlacionam.
- H₄: Frequência de braçada inicialmente aumenta com a fadiga para manter velocidade, mas depois decresce, por incapacidade de manutenção.
- H₅: Declive dos valores de força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso em nado atado com o decorrer do tempo devido à fadiga.

- H_6 : Existem assimetrias de aplicação de força entre hemicorpos.
- H_7 : Grupo de preferência respiratória unilateral apresenta maiores assimetrias de aplicação de força que grupo de preferência respiratória bilateral.
- H_8 : Grupo de maior desempenho apresenta menores valores de assimetrias que grupo de menor desempenho.
- H_9 : Assimetrias entre hemicorpos tendem diminuir com a fadiga.
- H_{10} : Decréscimo de aplicação de força é mais acentuado para hemicorpo dominante com acúmulo de fadiga.
- H_{11} : Teste isométrico apresenta maiores valores de aplicação de força que nado atado.
- H_{12} : Força isométrica se correlaciona com força pico em nado atado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ÁGUA

Todo movimento nos desportos é influenciado pelo meio fluido em que ocorre. Na grande maioria das modalidades esportivas, os efeitos produzidos pelo meio são tão pequenos que podem ser desconsiderados. Na natação, toda via, as influências exercidas pela água apresentam-se de forma tão significantes que podem assumir um papel decisivo no resultado de uma prova. Esclarecimentos sobre os princípios físicos da água ajudam a entender e justificar o comportamento do corpo humano quando imerso no meio líquido.

Entre as propriedades físicas da água incluem-se: massa, peso, densidade, flutuação, pressão hidrostática, viscosidade e temperatura (GONÇALVES, 1996). A interferência da água na propulsão do nadador envolve especialmente as propriedades de densidade, flutuação e viscosidade.

Densidade é a relação entre a massa e o volume. A densidade relativa ou gravidade específica de uma substância se relaciona com a massa de um dado volume e com a massa do mesmo volume de água deslocado. Sendo a densidade relativa da água pura igual a 1, objetos com densidade relativa maior do que 1 afundam, menor do que 1 flutuam e igual a 1, flutuam logo abaixo da superfície (VALASCO, 1997).

A flutuação é sustentada pelo Princípio de Arquimedes "... quando um corpo está completa ou parcialmente imerso em um líquido em repouso, ele sofre um empuxo para cima igual ao peso do líquido deslocado." (SKINNER e THOMSON, 1985). Quando um nadador assume uma posição horizontal na superfície da água, as forças que agem sobre ele são o seu peso e a força de empuxo. O fato do mesmo flutuar ou afundar dependerá da magnitude relativa destas forças direcionadas em sentido opostos, força de empuxo igual ao peso resultará em flutuação enquanto forças menores farão o nadador afundar (HAY e REIDE, 1985).

Por fim, viscosidade é caracterizada pelo atrito ou fricção que ocorre entre as moléculas de um líquido e que causa resistência ao fluxo do mesmo. A viscosidade é uma resistência ao movimento porque as moléculas de um líquido tendem a se aderir à superfície de um corpo movendo-se atrás dele (GONÇALVES, 1996).

As particularidades do meio líquido interferem no desempenho do nado e tornam necessárias avaliações específicas na modalidade para representatividade. O nado atado, apesar de restrições pelo deslocamento nulo, é uma alternativa específica de avaliação.

2.1.1 Arrasto

A água é 1000 vezes mais densa que o ar e exerce resistência no sentido contrário do movimento do nadador (PALMER, 1990). O termo utilizado para a resistência da água aos movimentos do nadador é arrasto, e tem sua importância como uma das estratégias de incremento de velocidade no nado (BARBOSA e VILAS-BOAS, 2001). A velocidade de nado é resultante da interação entre força de arrasto e propulsão, portanto, o nadador pode maximizar sua eficiência de nado por: (i) diminuição da força de arrasto; (ii) aumento da produção de força propulsiva ou; (iii) combinação das duas situações anteriores (BARBOSA e VILAS-BOAS, 2001).

O aumento da força do arrasto tem relação direta com o padrão em que flui a água ao redor dos nadadores, mudando do movimento laminar ao turbulento (COSTILL et al., 2001). O fluxo laminar corresponde as correntes suaves e ininterruptas de velocidade constante nas quais as moléculas fluem com tranqüilidade, em contrapartida ao fluxo laminar turbulento que surge da interrupção dessas correntes contínuas. Neste caso as moléculas de água separam-se de suas correntes laminares, repicando-se umas nas outras em direção aleatória, causando aumento da resistência friccional.

A resistência friccional devida ao fluxo turbulento é maior do que aquela devida ao fluxo alinhado com a corrente. No fluxo alinhado em correnteza a resistência é diretamente proporcional à velocidade, enquanto que no fluxo turbulento a resistência é proporcional ao quadrado da velocidade. A resistência oferecida pelo fluxo em corrente é devido ao atrito entre as camadas das moléculas do líquido apenas, enquanto que no fluxo turbulento a resistência é devida ao atrito entre moléculas individuais do líquido (diversamente de entre as camadas), e entre o líquido e a superfície do continente. (SKINNER; THOMSON, 1985, p. 18).

O nadador gera turbulência à sua frente e ao seu lado, aumentando a pressão nessas áreas em relação à pressão por trás de seu corpo. O efeito disso, é que ele acaba por ser empurrado para trás pela área de alta pressão à sua frente e tracionado para o mesmo lado pela baixa pressão que criou logo atrás de seu corpo,

reduzindo assim sua velocidade de progressão. Portanto, o arrasto criado pelo nadador, será diretamente proporcional à quantidade de turbulência por ele criada (MAGLISCHO, 1999). Os nadadores interferem na criação da turbulência pelos fatores: (i) forma em que se apresentam na água, (ii) orientação do corpo na água e (iii) velocidade de movimento (MAGLISCHO, 1999). No primeiro caso, os objetos mais afilados se deparam com menor resistência do que os de canto “quadrado” por permitirem que as direções das moléculas da água mudem de forma muito gradual, à medida que o objeto a ultrapassa, perturbando somente um pequeno número de correntes adjacentes e mantendo um padrão mínimo de turbulência. A proximidade posterior igualmente afilada permite que as moléculas de água ocupem quase que imediatamente o espaço, de modo que a pequena área de corrente de turbulência, na parte posterior dissipe-se rapidamente. A forma corporal adotada pelo nadador na água resulta da mesma forma em uma maior ou menor resistência ao avanço. Posições mais hidrodinâmicas permitem ao nadador uma passagem pela água menos turbulenta e conseqüentemente menos resistiva.

Quando se trata da velocidade, os nadadores ao elevarem-na, criam mais fricção e turbulência e aumentam seu arrasto. O efeito da velocidade é tão potente, que o dobro da velocidade quadruplica o arrasto (KNUDSON, 2007).

Três categorias de arrasto afetam o rendimento do nadador: (i) arrasto de forma, (ii) arrasto de onda e (iii) arrasto friccional (COSTILL et al., 2001). O arrasto de forma, como o próprio nome sugere, é causado pela forma ou orientação do corpo do nadador em seu deslocamento. O nadador deve se manter na posição mais horizontal possível para minimizar o espaço que ocupa. Quanto ao seu alinhamento lateral, o cuidado se relaciona com os excessos dos movimentos laterais que dificultam no alinhamento do nado, e por fim, o rolamento do corpo, é conseqüência natural dos movimentos dos braços, auxiliares na velocidade da natação. Já o arrasto de onda é causado pela turbulência na superfície da água. Um bom nadador consegue diminuir esta resistência pelo controle das ondas que o próprio corpo produz. Essas ondas geralmente são frontais (criadas pela cabeça e pelo tronco) e geram uma pressão contra o corpo diminuindo sua velocidade de progressão.

O arrasto friccional tem sua explicação no transporte de moléculas de água friccionadas e carregadas pelo corpo na medida em que ele se desloca. Estas moléculas se chocam com as outras situadas imediatamente a sua frente e repicam

em distintas direções, interrompendo correntes adjacentes, ocasionando uma ampla turbulência e aumentando a resistência de arrasto. As principais influências estabelecidas na quantidade de arrasto friccional nos objetos são as de área de superfície, velocidade de deslocamento e textura da superfície. Como não existe um controle sobre a área de superfície e a velocidade só pode ser controlada até o ponto que o nadador dá ritmo na primeira parte de sua prova, cabe o controle sobre a fonte de textura da superfície.

De fato, nadadores podem modificar a rugosidade do seu corpo pelo processo de raspagem de grandes áreas corporais ou pela utilização de vestimentas com textura que diminuam o arrasto de superfície (KNUDSON, 2007). Iniciativa de raspagem do corpo já evidenciou resultados positivos sobre o desempenho e demonstrou uma diminuição no custo fisiológico e melhora na eficiência mecânica (SHARP e COSTILL, 1989). Estes resultados impulsionaram o desenvolvimento de roupas que buscassem reproduzir os mesmos benefícios. Alguns estudos demonstraram que as roupas hidrodinâmicas propiciam melhorias de desempenho (SANTOS et al., 2010) e produzem diminuição no arrasto total especialmente quando grandes áreas são cobertas – dos ombros aos pés (MOLLENDORF et al., 2004; CHATARD e WILSON, 2008). A associação ao uso de trajes hidrodinâmicos nas alterações dos recordes mundiais, fez com que a Federação Internacional de Natação modificasse a regulamentação sobre vestimentas, no qual ficou determinado, a partir do ano de 2010, a proibição de roupas que se estendam acima da linha umbilical e abaixo da articulação do joelho para homens e que cubram o pescoço ou prolonguem-se para os ombros ou abaixo do joelho para mulheres.

2.1.2 Propulsão

Propulsão é definida como a força criada pelos braços e pernas dos nadadores, que resulta em um impulso de seus corpos à frente (COUNSILMAN, 1971 apud MARINHO, 2002). Juntamente com a capacidade de minimizar o arrasto, a força propulsora desempenha um importante papel na aquisição de performances mais expressivas dentro da natação competitiva (MARINHO, 2002).

Até o momento a literatura específica dispõe de várias teorias concernentes às leis de movimento que governam a propulsão na natação, embora não existam comprovações concludentes sobre nenhuma delas. Antigamente acreditava-se que

o padrão de braçada do nado crawl provinha de um movimento semicircular dos braços esticados, semelhante a uma roda de pás. Contudo, observações efetuadas na parte submersa do processo, revelaram que os nadadores, na verdade, dobravam seus braços durante as fases submersas (COSTILL et al., 2001). Tais observações abriram espaço para introdução de várias teorias sobre o arrasto da propulsão.

A teoria de *“Empurrar Direto Para Trás para ir para Frente”*, indica a propulsão dos nadadores segundo a terceira lei dos movimentos de Newton.

“Para toda força ou ação existe uma força igual e oposta, ou reação. Isto significa que, se o nosso nadador traciona ou empurra a água com seus braços e pernas, ele se moverá, ou tenderá a se mover (reação) na direção oposta à ação de tracionar ou empurrar. É a terceira lei do movimento, que se identifica com a propulsão e também com a recuperação dos membros. De fato esta lei está relacionada com os mecanismos de qualquer manobra ou ação na água” (PALMER, 1990 p. 47).

Contudo, algum tempo depois, ao ser empregado a fotografia submersa, observou-se que a mão do nadador, não se desloca retilineamente para trás, ao contrário, segue um trajeto sinuoso. Essas observações resultaram em uma modificação da teoria original do arrasto propulsivo, dando origem a teoria do *“Movimento sinuoso para trás”*, na qual os nadadores eram orientados a movimentar suas mãos em trajetos parecidos com a letra S nas partes abaixo e ao lado do corpo. Essas mudanças na direção dos braços acarretariam em uma conquista de “águas novas” ou “mais tranquilas” para comprimir, tão logo os nadadores tenham acelerado para trás uma braçada de água (MAGLISCHO, 1999).

Embora aceitabilidade desta teoria, com a continuidade dos estudos sobre a propulsão dos nadadores, ficou demonstrado que os movimentos propulsivos das mãos e dos braços do nadador realizavam-se em grande parte, nas direções lateral e vertical do corpo. Desde então, vários pesquisadores vêm consubstanciando com estas informações, relatando os nadadores usarem palmateios para a propulsão. Surge neste contexto a teoria de *“Força de Sustentação da Propulsão”*.

Nota-se que estes estudos mostraram ser a natação dependente de uma lei natural, relacionada com a velocidade em que o fluido se movimenta e a pressão criada por ele, ou mais especificamente, pelo “Efeito de Bernoulli”, à medida que a velocidade de um fluido aumenta, a sua pressão exercida tende a diminuir (COLWIN, 2000).

Quando uma corrente de fluido passa ao redor de uma lâmina – como a mão de um nadador – o fluxo sobre a superfície superior convexa tem uma velocidade maior e, de acordo com o princípio de Bernoulli, uma pressão menor que a exercida na superfície inferior; a diferença de pressão entre as duas correntes cria uma força chamada de ascensão... também conhecida como impulso lateral, sempre age em direção perpendicular à do movimento. No caso da asa de um avião durante o voo, a ascensão é direcionada para cima, em um ângulo reto com a direção do movimento... Um propulsor é como uma asa e também gera uma ascensão, mas esta, agindo em um ângulo reto em relação ao movimento da hélice, é direcionada para frente. (COLWIN, 2000 p. 18).

Indícios apontam à terceira lei dos movimentos de Newton ser a explicação mais provável, embora não de modo descrito anteriormente, acreditando-se que os nadadores deviam impelir seus braços e pernas diretamente para trás para empurrar a água para trás, mais sim com movimentos de braçadas em diagonal, mediante a orientação da mão e do braço de tal forma que o fluxo relativo da água fosse deslocado para trás. A água é deslocada em sua passagem por baixo da palma do nadador e a força retrógrada aplicada à água produz uma contra força de igual magnitude, que impele para frente o corpo do nadador, semelhante ao modo de trabalho das hélices (MAGLISCHO, 1999). Existem três aspectos importantes das braçadas e das pernadas que podem com seus movimentos de palmateios diagonais aumentar a propulsão: i) ângulo de ataque – determinado com base na inclinação das mãos e dos pés dos nadadores, ii) direção – determinada com base nos padrões da braçada e iii) velocidade – das mãos e dos pés (MAGLISCHO, 1999).

Quanto ao ângulo formado entre a inclinação da mão e do braço, estudos revelaram que o coeficiente de sustentação (relação entre a quantidade de elevação e o ângulo de inclinação de um plano aerodinâmico) para a mão do nadador é máximo em um ângulo de ataque de aproximadamente 40° (SCHLEIHAUF, 1974; 1977; 1979 apud COLWIN, 2000). Similarmente o coeficiente de arrasto (relação entre o componente de resistência e o ângulo de ataque de um plano aerodinâmico ou da mão), também aumenta ou diminui em função desse ângulo. Com aproximadamente 90° de angulação o coeficiente de arrasto será máximo (MARINHO, 2002).

O melhor modo de visualizar a direção dos movimentos de propulsão que os nadadores executam com seus braços e pernas são pelos padrões de técnica do nado. Em todos os estilos as mãos dos nadadores deslocam-se predominantemente nas direções lateral e vertical, com importantes mudanças nas direções de suas

mãos durante a parte submersa. As finalidades destas alterações são para possibilitar ao nadador encontrar água mais tranqüila, que possa deslocar para trás, tão logo a seção anterior tenha sido acelerada posteriormente (MAGLISCHO, 1999).

A velocidade dos movimentos das mãos do nadador também constitui um importante aspecto ligado à propulsão, ou seja, a maior força propulsora é produzida quando as mãos estão se movendo com maior rapidez (MARINHO, 2002).

A influência que a ação das pernas exerce na propulsão final do nadador também tem sido objeto de estudos. Mensuração em nado atado revelou a pernada do nado peito ter maior contribuição na propulsão deste estilo, diferentemente do crawl e costas, no qual o braço oferece maior força propulsiva (MAGEL, 1970). Pernada contribui principalmente por reduzir o arrasto elevando a perna (YATER, 1981), resultados de avaliação em natação simulada sugere que as pernas podem suportar maior potência do que os braços, o que demonstra importante informação para o desempenho no nado (SWAINE, 2000).

2.2 PARÂMETROS CINEMÁTICOS DO NADO

Por se desenvolver em um meio físico com características mecânicas específicas, a natação acaba por colocar problemas igualmente específicos ao nadador. Fatores biomecânicos podem apresentar maiores influências no desempenho do atleta que sua própria capacidade de produção e liberação de energia para o deslocamento (CAPUTO et al., 2001). Assim, o esporte de alto rendimento, tem gerado, em forma de ganho de espaço e dedicação durante as sessões de treino, uma maior diligência por parte dos instrutores e atletas para o aprimoramento da técnica. Como consequência, tornou-se crescente o interesse por avaliações de variáveis determinantes do desempenho técnico do nado, que devem ser simples e objetivas, dispensáveis de um pessoal especializado e equipamentos de alto custo para sua aplicação. As variáveis de avaliações objetivas mais utilizadas pelos treinadores e atletas são as de comprimento de braçada (CB) ou distância de braçada, frequência média de braçada (FB), velocidade média de nado (V_m), e índice médio de nado (IN) (CASTRO et al., 2005).

O CB é definido como à distância percorrida em um ciclo de movimentos completo de braços (MAKARENKO, 2001). Para medir o comprimento ou a amplitude da braçada, deve-se contar a quantidade de ciclos dos braços em

determinada distância e dividir essa distância pela quantidade de ciclos (SMITH et al., 2002). Um ciclo de braçadas do nado crawl é estipulado pela entrada de uma mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água (MASGLICHO, 1999).

A quantidade de ciclos de movimento realizado por unidade de tempo é designado frequência de braçada (FB), que pode ser obtida pela determinação do tempo gasto pelo nadador para cumprir uma dada quantidade de ciclos completos (MAKARENKO, 2001).

Assume-se V_m como o produto entre o CB e a FB e admite-se que as oscilações na velocidade, ocorrem em função dos aumentos ou diminuições dessas duas variáveis durante o nado (SMITH et al., 2002). O CB e a FB teriam tal relação, que valores máximos ou mínimos de qualquer um deles poderiam gerar tempos mais lentos, e a combinação ideal entre eles resultariam numa velocidade máxima ($V_{m\acute{a}x}$) (SMITH et al., 2002; CASTRO et al., 2005; CAPUTO et al., 2001, CHOLLET et al., 1997).

Pelo fato da literatura atribuir a esses índices uma importância primordial na detecção das alterações decorrentes do treinamento aeróbico, eficiência propulsiva e habilidade técnica do nado, tornou-se freqüente a procura por procedimentos e indicadores simplificados, que sejam significativamente correlacionados com o nível de adequação mecânica da técnica do nado. Um desses indicadores, o índice de nado, ou índice de eficiência, proveria do produto da multiplicação entre a V_m de nado e a CB, e teria grande utilidade na mensuração da habilidade técnica do nadador por apresentar a vantagem de neutralização do efeito da velocidade. Maiores valores de IN são associados a mecanicamente técnica mais adequada (CAPUTO *et al*, 2001), e a capacidade para manter a velocidade de nado depende mais da capacidade para manter a CB do que a FB no decurso de uma prova (CHOLLET et al., 1997), por tanto, o nadador que apresentar para uma mesma velocidade de deslocamento um maior CB, e conseqüentemente, menor FB, parece ser mais eficiente, como o objetivo do nadador competitivo é atingir e manter a maior V_m , quanto maior o IN, melhor será a adequação entre velocidade alcançada de nado e o CB (CASTRO et al., 2005).

No entanto, mesmo assumindo-se que os nadadores habilidosos tendem alcançar uma maior velocidade com longas braçadas, deve-se ressaltar que o aumento do CB ocorre na medida em que as distâncias das provas aumentam, ao mesmo tempo em que diminuem suas FBs (COLWIN, 2000). Em relação a FB e a

duração da prova de natação, os pesquisadores não documentaram até o momento nenhum padrão constante de suas realizações, apresentando resultados tanto de permanência constante durante a prova inteira, quanto de aumento, ou ainda de diminuição (COLWIN, 2000). Todavia, nadadores com níveis de performance superiores apresentam maiores valores de velocidade, CB e FB e parecem conseguir manter esses parâmetros mais constantes no decurso de uma prova (SILVA, 2007).

Desta forma pode-se entender que a análise dos índices de nado deve considerar a distância da prova assim como as características individuais dos nadadores.

Estudo com 442 homens nadadores de diferentes habilidade em prova de 100m livres comprovou que o CB apresenta-se como melhor preditor de performance, e ainda, apontou que diferentes níveis de performance podem ser prejudicados por variações nos parâmetros CB, FB e Vm, além de atribuir aos nadadores de mais alto nível, valores superiores dos parâmetros cinemáticos, assim como melhor capacidade de manutenção dos mesmos durante a prova (CHOLLET et al., 1997).

Análise de CB, FB e lactato sanguíneo em relação à intensidade do nado com 7 atletas de alto nível, para os quais foram proposto realizações de 8 séries de 200m de nado livre em 4 intensidades diferentes (80%, 85%, 90%, 95% e 100%), constatou-se que os atletas apresentam diferenças significantes entre a intensidade de esforço, tanto nas respostas fisiológicas quanto na biomecânica da técnica de nado, mesmo que de forma não linear (mudanças mais abruptas em níveis acima de 95% de esforço). As mudanças relacionaram-se a um aumento para o lactato (de 2,4 em 80% para 10,8 mmol/l em 100%) e a FB (de 0,38 em 80% para 0,58 ciclos/s em 100%) com o incremento da intensidade e diminuição para o CB (de 3,49 em 80% para 2,81 m/ciclos em 100%). A correlação entre as variáveis lactato e FB mostrou-se alta, assim como a correlação entre CB e FB, mas neste caso em sentido inverso. Dentre as conclusões destacaram que com o aumento da intensidade há necessidade de ajustes mecânicos para que os atletas possam suportar diferentes velocidades (GATTI et al., 2004).

2.3 MENSURAÇÃO DA FORÇA NA ÁGUA

A relação entre aumento de força com subsequente aumento na velocidade em muitos esportes sugere força e potência como capacidades determinantes no desempenho esportivo (MARINHO, 2002). No caso específico da natação, muitos autores atribuem grande importância da capacidade força no incremento da velocidade (PAPOTI et al., 2007; SMITH et al., 2002; TOUSSAINT e BEEK, 1992). Assim o treinamento de força e sua quantificação se tornaram práticas imprescindíveis entre nadadores que competem no alto rendimento (MARINHO, 2002).

Deteção de melhoras em até 0,08 m/s na velocidade de nado em 50 metros após treino de resistência com pesos livres já foi observado (STRASS, 1986). O incremento da velocidade foi atribuído a maior capacidade de aplicação da força, pelo fato dos nadadores reduzirem suas frequências de braçadas com concomitante aumento de CB.

Melhora da performance em decorrência do treinamento de força fora da água, no entanto, parece ser limitado (PAPOTI et al., 2010), pois, estudos sobre efeito de treinamento de forma inespecífica, apresentam-se controversos (TANAKA, 1993; BARBOSA, 2007).

Submissão de 2 grupos a um treino de natação e adicionalmente um programa de resistência (3 vezes na semana) em seco com exercícios que simulam as ações musculares da natação para um dos grupos, não revelou diferenças de performance entre condições. Concluiu-se que treino de resistência não beneficia desempenho porque o ganho de potência não é transferido para a força de propulsão na água devido à falta de especificidade do treino (TANAKA, 1993).

Da mesma forma, protocolo que verificou relação entre aumento de indicadores de força muscular fora d'água com alteração na resistência aeróbia de nadadores não detectou correlação entre variáveis (BARBOSA et al., 2007). Os aumentos em uma ação voluntária máxima da capacidade de resistência no teste de repetições máximas em 30s, na remada sentada e no leg press inclinado, não foram suficientes para modificar resultado no teste de 10 minutos utilizado para avaliação da resistência aeróbia (BARBOSA et al., 2007).

Desta forma, sugere-se que os métodos de avaliação de força, devam também ser aplicados de forma específica, assim como os métodos de treinamento, respeitando a especificidade da atividade em questão (COSTILL et al., 1980).

Girold et al. (2006) constataram incremento na performance de 100m em nado livre após três semanas de treinamento resistido específico, com uso de corda elástica, além disso, o ganho apresentou-se mais expressivo em relação ao modelo de treinamento assistido e grupo controle.

2.3.1 Modelo Geral

O modelo geral compreende testes físicos e motores, apesar da elevada padronização e ampla utilização, esses testes não possuem muita relação com os gestos motores executados durante o nado, posto que são desempenhados fora da água e recebem severas críticas por sua falta de especificidade por não reproduzir a demanda neuromuscular e biomecânica da execução do movimento da braçada (MARINHO, 2002)

Com objetivo de analisar o nível de correlação existente entre a força mensurada de forma inespecífica (isométrica) e a $V_{\text{máx}}$ de nadadores, e verificar a influência do nível de performance dos mesmos na magnitude desta correlação, Marinho e Junior (2004) dividiram amostra em dois grupos segundo nível de desempenho (G1 atletas de maior nível e G2 atletas com baixo nível) e verificou moderada correlação entre força e velocidade para amostra analisada de forma integral ($r = 0,57$). No entanto a magnitude desta correlação sofreu variações quando realizada dentro de grupos mais homogêneos e com diferentes níveis de performance (G1= 0,22 e G2 $r = 0,85$). A alta correlação presente no grupo G2 foi explicada pelo fato da técnica de nado não constituir um fator tão determinante na performance de nadadores com menor nível, como o é, em grupos que possuem performances mais elevadas, já para o grupo com maior eficiência foi demonstrado impossibilidade do método isométrico em reproduzir as ações musculares dinâmicas presentes nas braçadas dos nadadores. Conclui-se que o método isométrico de avaliação da força possui uma baixa capacidade de diferenciação do nível de performance da velocidade dos nadadores e sugere-se que quanto maior for o nível dos nadadores, mais próximo da especificidade deverão ser os métodos empregados na mensuração da força (MARINHO e JUNIOR, 2004).

2.3.2 Modelo Específico

Os principais meios utilizados para medir força de forma específica são pelos testes MAD system e nado atado (NA). Ambos são mesurados dentro da água, apresentam maior grau de similaridade com as ações motoras realizadas pelo nadador, considerados por tanto, mais apropriado (COSTILL, 1980).

Através de mensurações de forma específica (NA) ficou demonstrado que o nado peito apresenta maiores valores de FP_{NA} entre os quatro estilos, com explicação provável de que a força da pernada tem maior contribuição na propulsão deste estilo, diferentemente do crawl e costas no qual se diagnosticou sobreposição dos braços perante as pernas, indicando que o braço fornece maior porção de força propulsiva, e ainda, dados de aceleração e desaceleração demarcaram fases de propulsão e recuperação, sendo que a mínima variação foi observada no costas e a máxima no borboleta e crawl (MAGEL, 1970).

Estudo utilizou do modelo específico (NA) para verificar a utilização do intercepto-y (coeficiente linear para representar a capacidade de NA anaeróbio), na avaliação da aptidão anaeróbia e predição do desempenho de nadadores e não encontrou correlação entre as variáveis (PAPOTI et al., 2005). Quatorze atletas realizaram teste de NA, performances máximas (100, 200, 300, 400 e 600 metros) e velocidade crítica, para determinação da capacidade de nado anaeróbio. O teste de velocidade crítica utilizou todas as combinações possíveis dos resultados das performances máximas, através do modelo de regressão linear entre distância *versus* tempo. A relação entre distância e tempo apresentou-se altamente linear, a força de pico correspondeu a 227,81 N, a aptidão anaeróbia foi de 86,55 N e a concentração de lactato 6,80mM. Não foram encontradas correlações entre capacidade de nado anaeróbio e performances máximas, contudo, aptidão anaeróbia e performance máximas correlacionaram-se. Concluíram que a capacidade de nado anaeróbia representada pelo intercepto-y da relação distância *versus* tempo de nado não parece ser um bom parâmetro na avaliação da aptidão anaeróbia e predição de performances entre 100 e 600m em nado crawl (PAPOTI et al., 2005).

2.4 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE FORÇA NA NATAÇÃO

Dois tipos de ergômetros têm sido desenhados para avaliar natação em ambiente seco: banco de natação e natação simulada (CORSINO et al., 1994). Entre as possibilidades de avaliações de forma específica na natação incluem o Mad system (TOUSSANT et al., 2006), NA, canal de natação e o próprio nado livre (CORSINO et al., 1994), porém dentre estes somente o MAD system e o NA possibilitam a mensuração da força aplicada.

2.4.1 Banco de natação

Banco simulador de nado usado para medição da força em laboratório tendo por base um movimento de braçada de característica isocinética. Neste dispositivo, supõe-se que os movimentos são realizados sempre à mesma velocidade, uma vez que a resistência oposta ao movimento é acomodada em função da força que vai sendo gerada. O fato da velocidade correspondente a cada movimento ser constante e conhecida permite calcular o trabalho mecânico e a potência mecânica associados ao esforço despendido (RIBEIRO, 2007).

Este equipamento requer que o sujeito em posição pronada tracione os braços em um sistema de polias com cadência fixa (Figura 2.1). Esta aumenta uma resistência conhecida através de uma distância dada enquanto o sujeito mantém uma cadência fixa de braçadas por minuto em uma duração pré-determinada (GERGLEY et al., 1984).

Avaliação da utilização do banco de nado biocinético como meio específico de treino da força em seco para nadadores, constatou que CB no banco biocinético em protocolo de potência máxima e em protocolo de resistência anaeróbia está associado negativamente com a velocidade de nado em prova de 25m e 100m, e que, maiores velocidades de nado, estão associados a valores superiores de força, potência e trabalho. Índice de rendimento biocinético absoluto e relativo em protocolo de resistência anaeróbia está associado ao IN em prova de 25m e existência de relação significativa entre a potência em protocolo de resistência anaeróbia e a velocidade de nado em 25m e 50m (SILVA et al., 2006).

Estudo com nadadores divididos em grupo controle (n=9), treino de nado (n=9) e treino no banco de natação (n=7) revelou aumentos no pico de VO_2 em 11%

no teste de NA e 21% em teste no banco de natação para grupo com treinamento no banco. Melhoras respectivas de 18% e 19% foram observadas para grupo com treino de nado nos mesmos testes, sem diferenças para o grupo controle. Ficou sugerido adaptações que contribuem para melhoria do VO₂ máx, além de indicação que os exercícios realizados no banco de natação ativam uma parcela considerável da musculatura envolvida na natação, e que estas são transferidas diretamente para a natação (GERGLEY et al., 1984).

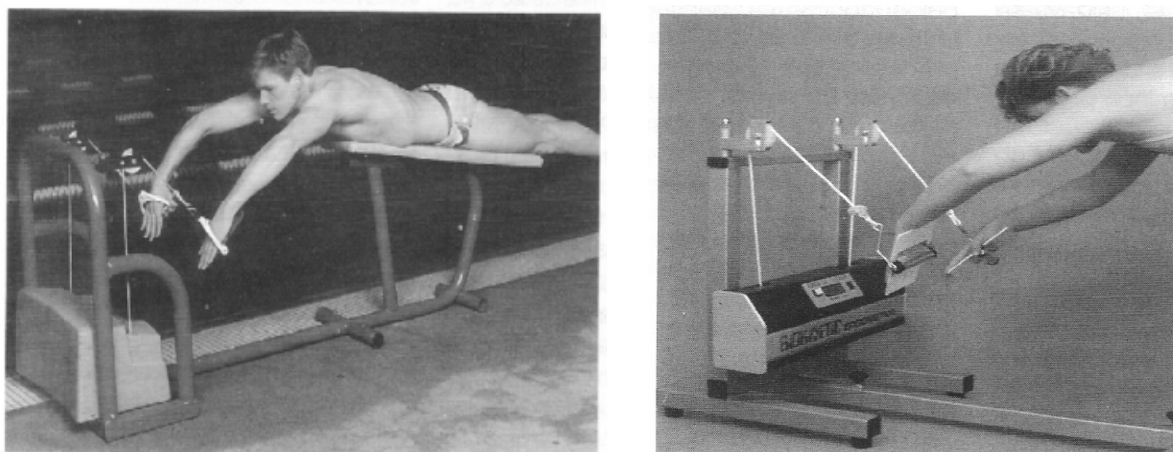


Figura 2.1. Foto demonstrativa do aparelho “Banco de natação” utilizado para a mensuração da força de nadadores (PLATONOV, 2005)

2.4.2 Natação simulada

A natação simulada consta de um banco de natação convencional com um ergômetro para braços acoplado a um ergômetro para pernas. Neste sistema o nadador realiza movimentos de pernas simultâneo a movimentos de braços (CORSINO et al., 1994). O movimento da braçada do nado crawl é simulado com tração dos braços alternados sobre dois remos atados a duas cordas, que induzem rotação dos dispositivos de resistência isocinética concomitante ao movimento de batida das pernas contra a resistência em dois ganchos invertidos presos ao pé do nadador (figura 2.2) (SWAINE, 2000).

Pico e média de potência mensurado através de NA resultou em $304 \pm 22\text{W}$ e $435 \pm 36\text{W}$ de pico e $225 \pm 31\text{W}$ e $312 \pm 26\text{W}$ de média para braços e pernas respectivamente (SWAINE, 2000). Os altos valores encontrados para as pernas foram considerados surpreendentes, já que as ações das mesmas contribuem pouco para a propulsão, contradizendo a suposição de que potência provém quase que

totalmente dos braços. Sugestão de que braços e pernas devem ser desenvolvidos igualmente no treino a seco e que pernas conseguem suportar maior potência do que braço durante natação simulada, com conclusão de que este método é útil para explicar desempenho na natação e acompanhamento das alterações durante o treinamento (SWAINE, 2000).

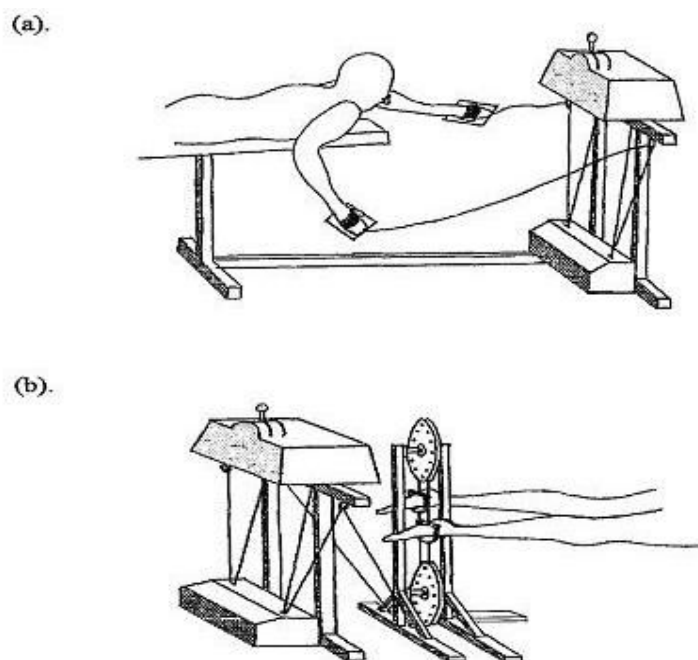


FIGURA 2.2 Representação gráfica de ergômetro de braço (a) e perna (b) da natação simulada (SWAINE, 2000).

2.4.3 MAD system

O *Measurement of Active Drag System* (MAD system) representado na figura 2.3, é um sistema que permite estimar o arrasto ativo a partir da força propulsiva aplicada durante o nado (RIBEIRO, 2007). Neste equipamento o nadador empurra barras fixas montadas em uma haste de 23 metros de comprimento, separadas por 1,35 metros e posicionadas a 0,8 metros de profundidade da água. A força é registrada utilizando um transdutor de força, filtrada, digitalizada e armazenada (TOUSSANT et al., 2006).

Com objetivo de analisar potência mecânica e sua relação com mudanças nos parâmetros de comprimento de braçada (CB), frequência de braçada (FB) e velocidade (Vel) em prova de 100 metros crawl, teste em MAD system foi aplicado

para 8 nadadores experientes e constatou-se uma diminuição de aproximadamente 24% na potência mecânica da primeira para a quarta parte da prova, acompanhada de decréscimo na Vel e na FB, CB é fixo no Mad system, porém em nado limpo a diferença encontrada também não foi significativa (TOUSSANT et al., 2006).

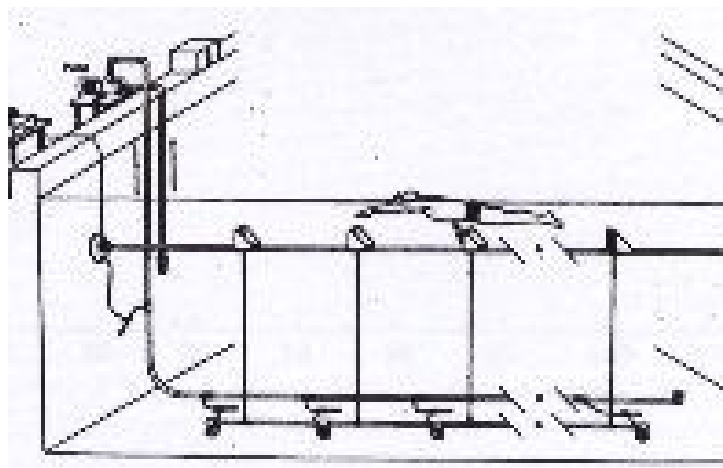


Figura 2.3 Modelo esquemático do *Measurement of Active Drag System* (MAD system) (MARINHO, 2002).

2.4.4 Nado Atado

Fundamentalmente a técnica em nado atado (NA) visa à fixação do nadador pela cintura, através de um cabo fixo a um dispositivo de medição de força (células de carga). No início das investigações com nado amarrado, era comum a utilização de um sistema de polias com pesos atados a uma das extremidades (Magel, 1970). Esses pesos teriam que ser suportados pelo nadador, de forma a fixá-lo num determinado local, mantendo-o predominantemente estacionário (figura 2.4) (SILVA et al., 2006).

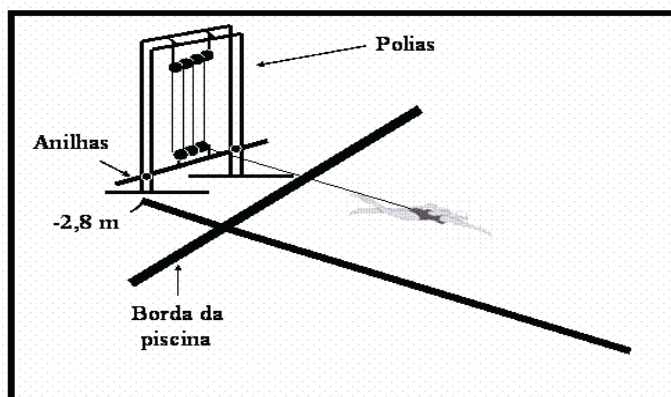


Figura 2.4. Imagem representativa do nadador atado ao sistema de polias sustentando uma carga (Perandini et al., 2006).

Em substituição ao cabo fixo, também são utilizados dispositivos como tubo cirúrgico (PAPOTI et al., 2005) que constituem o sistema de nado semi-atado, este teria a vantagem de minimizar os efeitos deletérios que o nado amarrado tem sobre a mecânica da braçada, ainda assim, os sistemas de nado semi-atados são suscetíveis a questionamentos, visto demonstrações de existência de alterações no padrão das braçadas quando o nadador passa da situação de nado livre para a de nado parcialmente amarrado (MAGLISCHO e MAGLISCHO, 1984). Além de estar associado à necessidade da determinação de uma carga de resistência que, quando variada, induz diferenças nos resultados da potência passíveis de alterar a expressão real do resultado (KESKINEN et al., 2007).

A maior limitação apontada para a técnica de nado totalmente atado (figura 2.5) relaciona-se ao fato do nadador não se mover em relação à água do mesmo modo que livremente (YATER et al., 1981), podendo ocorrer mudanças na trajetória da propulsão da braçada (MAGLISCHO & MAGLISCHO, 1984) quer no que respeita aos tempos de duração das diferentes fases que constituem um ciclo de nado, quer na própria direção do trajeto. No nado com a velocidade zero, a criação de massas de água turbulentas à volta do corpo do nadador parece diminuir a eficácia do apoio e diminuir a velocidade de deslocamento da mão, o que acarreta consequências sobre a capacidade de produção de força propulsiva, que é justamente aquilo que, na maioria dos casos, se pretende medir (RIBEIRO, 2007). No entanto, é um ergômetro reproduzível (HOOPER et al., 1998; PAPOTI et al., 2005; MARINHO, 2002; SANTHIAGO, 2009), altamente correlacionado com performances em nado livre (PAPOTI et al., 2003) e sensível aos efeitos do treino (TRAPPE et al., 2001). Estudo longitudinal também comprovou que FM_{NA} aumenta na mesma proporção que o tamanho corporal em circumpuberal nadadoras competitivas (TAYLOR et al., 2003). Como durante o NA, as forças propulsivas são continuamente monitoradas e as ações do hemicorpo direito e esquerdo também podem ser determinadas e comparadas.

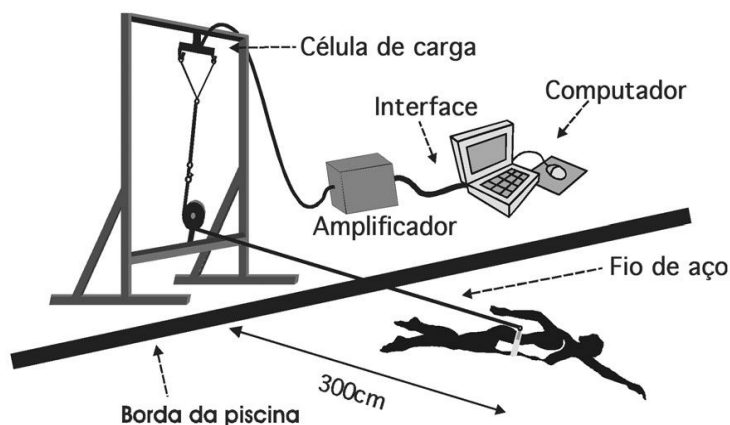


Figura 2.5. Modelo esquemático do sistema desenvolvido para determinar a força e impulso em nado atado. (PAPOTI et al., 2003)

Investigações de força em NA nos estilos crawl, costas e peito demonstraram ter o nado peito o maior FP_{NA} entre os estilos e o nado costas o menor, além de ser encontrado correlação entre média de força atada em velocidade no crawl, correlação entre nadadores fundistas *versos* velocistas e negativa correlação entre velocidade em crawl e média de FP_{NA} (YATER et al., 1981). Análise isolada de membros superiores e inferiores indicam maior força em nado completo, seguido de força em braços isolados e menor aplicação de força quando somente pernas são mensuradas no estilo crawl. No nado peito, valores de forças são semelhantes entre braços e pernas separadamente e em ambos os estilos a somatória entre membros superiores e inferiores apresentam valores mais elevados do que quando as ações dos movimentos são mensuradas simultaneamente em nado completo (YATER et al., 1981).

Em determinação de força ondulatória nos membros inferiores em NA resultados médios de 53,85 N com V_m de 1,19m/s para nado ondulatório submerso e 1,76m/s para nado ondulatório de superfície foram obtidos (PAPOTI et al., 2007). A força dos membros inferiores em nado ondulatório apresentou positiva correlação com ambas as condições, sugerindo que força dos membros inferiores em nado ondulatório pode ser utilizada na avaliação e predição do nado ondulatório submerso e do nado ondulatório de superfície (PAPOTI et al., 2007).

Pesquisa realizada em bases de dado pubmed, medline e lilacs, subjacente à temática de força e potência em NA e nado semi-atado, com limites aplicados para humanos, adolescentes e adultos, estão ordenados cronologicamente quadro 1.

Quadro 1. Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com sistemas de nado atado ou semi-atado.

Autor (ano)	Teste	Amostra	Objetivo
Magel (1970)	Nado atado	Jovens, sexo masculino	Determinar a força propulsiva medida durante nado atado nos quatro estilos de nado.
Dicker et al. (1980)	Nado atado, sistema de anilhas	Jovens	Investigar respostas de frequência cardíaca e respiratória em nado controlado atado.
Yater et al. (1981)	Nado atado, conexão com cabo de aço	Adultos, sexo masculino	Determinar a força de nado amarrado nas técnicas de crawl, costas e peito e a sua relação com as performances competitivas.
Gergley et al. (1984)	Nado atado	Jovens, sexo masculino	Comparar os efeitos do treino de nado livre e simulado em swim bench na potência aeróbia da natação e da corrida.
Neufer et al. (1987)	Nado semi-atado	Sexo masculino	Determinar o efeito da redução do treino na força muscular e <i>endurance</i> de nadadores de competição.
Sharp et al. (1989)	Nado atado, sistema de anilhas	Jovens, sexo masculino	Investigar influência da remoção do pelo corporal sobre arrasto ativo e respostas fisiológicas no nado peito
Conley et al. (1991)	Nado atado	Jovens, sexo masculino	Avaliar VO_{2max} em 12min de natação e comparar com validade de 12min de corrida
Butts et al. (1991)	Nado atado	Adultos, ambos os sexos	Correlacionar VO_{2max} com performance em triatletas amadores.
Conley (1992)	Nado atado	Jovens, sexo feminino	Validar 12min de nado como teste de potência aeróbia para mulheres jovens e comparar sua validade com a da corrida de 12min
Tanaka et al. (1993)	Nado atado, sistema isocinético	Adultos, sexo masculino	Determinar o efeito do treino da resistência em seco no desempenho de nado na técnica crawl.
Raglin et al. (1996)	Nado atado	Jovens, sexo feminino	Examinar o efeito das mudanças sazonais na carga de treinamento sobre o humor, a função neuromuscular e medidas de forças
Hooper et al. (1998)	Nado atado, cordas de <i>nylon</i>	Jovens e adultos, ambos os sexos	Determinar o efeito de três técnicas de <i>taper</i> na força, performance e medidas psicométricas de nadadores de competição.
Hooper et al. (1999)	Nado atado	Jovens	Identificar variáveis que são úteis no monitoramento de recuperação durante o polimento
Perandini et al. (2006)	Nado atado, sistema de polias	Jovens, ambos os sexos.	Avaliar a relação entre a força crítica no nado atado e a velocidade crítica em nado livre e as respectivas frequências críticas de braçada.
Caty et al. (2007)	Nado semi-atado	Sexo masculino	Avaliar estabilização da articulação do punho co-ativação muscular antebraço durante nado livre
Keskinen et al. (2007)	Nado atado	Adultos, sexo masculino	Examinar o efeito do comprimento da piscina na concentração de lactato, frequência cardíaca e velocidade em 200m nado livre
Papoti et al. (2010)	Nado atado, célula de carga	Jovens	Investigar relações da F_{crit} com o limiar de lac, intensidade de exercício correspondente ao VO_{2max} em NA e relações com as performances de 400m e teste de 30 minutos em NL

2.5 COMPORTAMENTO DA FORÇA COM A FADIGA

Fadiga é um fator limitante para desempenho por ligação direta com a velocidade e pode ser definida como diminuição da potência mecânica efetiva (TOUSSANT et al., 2006), ela é resultado natural da competição e não pode ser evitada, apenas retardada (MAGLISCHO, 1999). Entre os efeitos do treinamento que podem retardar a fadiga incluem o aumento da potência, força muscular e padrões de recrutamento, fatores que compõem os principais efeitos do treinamento que incrementam a velocidade do nado (MAGLISCHO, 1999).

Velocidade na natação é definida por combinações de FB e CB (SMITH et al., 2002; CASTRO et al., 2005; CAPUTO et al., 2001; TOUSSANT et al., 2006; ALBERTY et al., 2009; TELLA et al., 2007), das quais CB parece ser melhor preditor de eficiência (CAPUTO et al., 2001; TOUSSANT et al., 2006; CHOLLET et al., 1997), assim supõe-se que diminuição da potência durante provas de natação afeta velocidade, FB e CB (TOUSSANT et al., 2006; ALBERTY et al., 2009; CHOLLET et al., 1997). Estudos já observaram mudanças técnicas de aumento de FB e diminuição de CB com sessões de exercícios exaustivos para manutenção de ritmo em teste de velocidade constante (ALBERTY et al., 2009). Esta adaptação é atribuída à redução de produção de força gerada pela fadiga, por tanto, FB parece ser melhor resposta para o problema da geração de força adequada, quando fadiga reduz capacidade de gerar força (ALBERTY et al., 2009). De uma forma geral, pode dizer-se que à medida que a fadiga se instala durante uma prova, a V_m tende a decrescer e a CB acompanha esse decréscimo, enquanto a FB se mantém constante ou aumenta ligeiramente (CHOLLET et al., 1997).

Uma análise das características da braçada durante prova de 100m crawl relatou redução aproximada de 25% da energia mecânica produzida por braço em equipamento MAD system, o que refletiu em uma diminuição na FB, porém neste caso CB permaneceu constante (TOUSSANT et al., 2006). Os resultados indicam mudança técnica e aumento de arrasto com a fadiga, com queda da FB em ajuste a redução da capacidade de gerar força, e possível manutenção do CB pela redução da velocidade (TOUSSANT et al., 2006). Estes dados são corroborados por outros (SEIFERT et al., 2005; TELLA et al., 2007). Além da detecção da diminuição na velocidade e FB com manutenção da CB, dados sugerem que os valores espaço-

temporais são mais estáveis no nado limpo, ou seja, na velocidade de nado, excluindo saída, virada e chegada (SEIFERT et al., 2005).

Com objetivo de avaliar os efeitos de um exercício exaustivo sobre a coordenação do braço e variação da velocidade intraciclo, 17 nadadores foram submetidos a protocolo de 200m máximos em nado livre somados a dois teste de 25m, um antes e um após os 200m. Os resultados indicaram aumento na duração da fase propulsora da braçada, o que induz mudança na coordenação do braço com a fadiga desenvolvida, com diminuição do CB e FB, sem modificações significativas para a velocidade intraciclo. (ALBERTY et al., 2005).

Para evitar quedas abruptas de velocidade durante uma competição os nadadores acabam por estabelecer ritmos de passagem para a prova que diferem segundo estilo de nado e metragens a serem realizada. Na prova de 200 metros livres, quase todos nadadores utilizam um ritmo uniforme, nadando a primeira metade da prova com maior lentidão, em média 2 a 3 segundos acima do melhor tempo para os 100 metros, com queda geral de dois segundos durante a segunda metade, sendo que normalmente a distribuição entre cada passagem (50 metros) fica organizada de forma que os primeiros 50 metros são aproximadamente 2 a 2,5 segundos mais lentos que o melhor tempo do nadador para esta distância, a segunda e a terceira série 1,5 a 2 mais lentas que a primeira, e os últimos 50 metros iguais, ou ligeiramente mais velozes que as duas intermediárias (MAGLISCHO, 1999).

Comparativamente com a velocidade, o estudo do comportamento da força, parece ainda estar à espera de desenvolvimento tecnológico que permita superar muita das dificuldades da sua mensuração em situação de nado real, associadas às diferenças na posição corporal, nos padrões de recrutamento motor e pela própria água (TAYLOR et al., 2003). Até o presente momento, o NA parece continuar a ser um bom método para usar com nadadores, devido boa estimativa da força propulsiva produzida, à velocidade zero, com a força propulsiva que pode ser desenvolvida durante o nado livre regular (MAGEL, 1970). Este método, contudo, não permite determinar a potência mecânica de nado, pelo fato de não existir uma velocidade de deslocamento frontal (RIBEIRO et al., 2007; TAYLOR et al., 2003).

Teste em NA foi utilizado para avaliação do declive de fadiga através da equação linear da reta obtida entre dois pontos (pico máximo entre os 10 primeiros segundos e pico mínimo entre os últimos 5 segundos) usados para calcular índice de

fadiga (figura 2.6) (MOROUÇO, 2009). Resultados apontaram alta correlação entre força em NA por 30s com provas de 50 e 100m, índice de fadiga não correlacionou com performance, mas declive de fadiga correlacionou com concentração de lactato, considerado um bom estimador de performance anaeróbica (MOROUÇO, 2009).

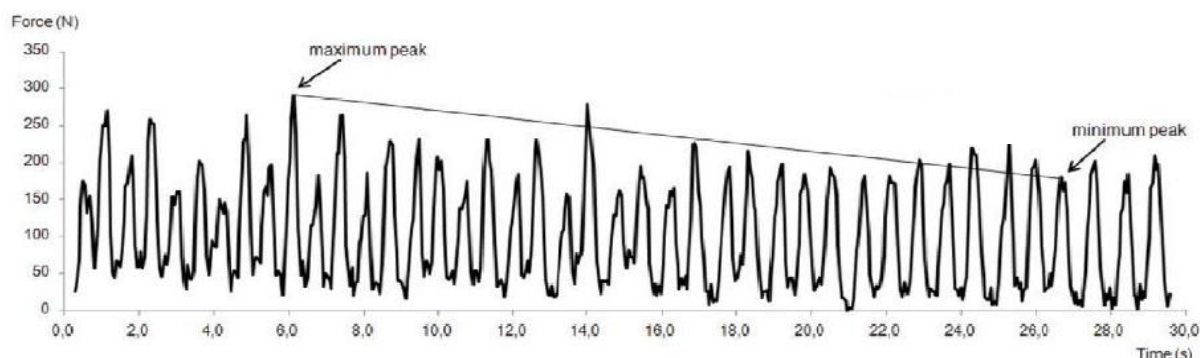


Figura 2.6. Exemplo da força instantânea de um nadador para a curva do tempo em teste de 30s máximos em nado atados. As setas representam à força máxima e pico mínimo (MOROUÇO, 2009).

2.6 ASSIMETRIAS ENTRE HEMICORPOS

O nado crawl é um exercício descrito como alternado, cujo desempenho depende da proficiência de cada segmento em gerar força propulsiva, todavia, a alternância de braçada não garante uma simetria de propulsão (TOURNY-CHOLLET et al., 2009; SEIFER et al., 2005; OLIVIER et al., 2008; CHOLLET et al. 2000; ALBERTY et al., 2009). Assimetrias cinéticas e cinemáticas têm sido observadas, embora pesquisadores não determinem sua causalidade, déficit de controle motor, integridade física, dominância, ou fatores externos como a respiração (SEIFER et al., 2005), posicionamento da cabeça, assimetria na rotação do corpo (OLIVIER et al., 2008).

Iniciativa de ajuste com giro na direção do braço dominante durante a puxada, acompanhado de ligeira rotação da cabeça na direção do lado do corpo oposto ao braço que está fazendo o movimento, permitindo que o ombro deste braço fique um pouco mais fundo na braçada, mostrou-se favorável na diminuição de assimetrias (COLWIN, 2000).

Visto atletas de natação realizar cerca de 10.000 movimentos de braçada em treino semanal, estudos também procuram compreender patologias e danos

causados ao ombro do nadador (OLIVIER et al., 2008), e assimetrias entre força de braçada que possam favorecer o aparecimento de patologias.

A dominância do membro superior e inferior, na natação competitiva não parece ter sido assunto de muitos estudos científicos. A mensuração dos diferentes padrões, velocidades e forças do nado entre hemicorpos poderiam fornecer informações valiosas para melhorar eficiência da braçada, especialmente no caso de nadadores que mostram diferenças notáveis de força entre membros. Estas informações também podem provar-se importantes durante os estágios evolutivos dos jovens nadadores, uma vez que a frequência com a qual as crianças usam umas das mãos em detrimento da outra, aumenta com a idade (COLWIN, 2000). Outro fato normalmente desprezado é o de que a maioria das pessoas também possui membro inferior dominante, o que explica parcialmente porque alguns nadadores são incapazes de conseguir uma simetria no nado de peito e na batida de pernas do nado de borboleta (COLWIN, 2000).

2.6.1 Assimetria de coordenação entre hemicorpos.

A coordenação assimétrica bilateral entre rolamento de corpo e fases da braçada tem sido objeto de estudo (CHOLLET et al. 2000; ALBERTY et al., 2009; CHOLLET et al., 2009; SEIFERT et al., 2005; PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010) principalmente por analogia de relação com o desempenho.

Assimetrias bilaterais de rolamento de ombro e quadril foram observadas tanto em nadadores mais rápidos quanto em nadadores mais lentos em prova de 200m máximo estilo crawl, porém nenhuma associação com a velocidade foi revelada. Apesar da respiração não ser avaliada, inferência que assimetria é influenciada principalmente por opção unilateral, devido maior dispêndio de rolamento para o lado da respiração durante a respiração (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010). Girar a cabeça constantemente para o mesmo lado, pode automatizar um movimento que acarrete assimetrias de outras variáveis, como a ação propulsora da braçada (SEIFERT et al., 2005).

Índice de coordenação (IDC) baseado na análise de vídeos sincronizados para braço direito e esquerdo foi desenvolvido (CHOLLET et al. 2000). Este indicativo caracteriza a coordenação da ação de um braço em relação a outro, medindo tempo

de latência entre fases propulsoras da braçada (ALBERTY et al., 2009). São distinguidas quatro fases:

- 1) Entrada e agarre da mão na água: corresponde ao período da entrada da mão na água e o início de seu movimento para trás.
- 2) Tração: esta fase corresponde ao tempo que separa o início do movimento da mão para trás e sua chegada no plano vertical do ombro, constitui a primeira fase da propulsão.
- 3) Impulso: período a partir da posição das mãos abaixo do ombro até sua liberação da água, constitui a segunda parte da propulsão.
- 4) Recuperação: ponto da liberação da água até a reentrada da mão na água, ou seja, fase acima da água (CHOLLET et al., 2009).

Três operadores analisam os pontos principais de cada fase com técnica cega (sem conhecimento da análise dos outros operadores) e a média valida o ponto chave de cada fase. Lapso temporal entre fases é chamado de “recuperação do atraso”, início e termino simultâneo de “oposição” e sobreposição “superposição” (CHOLLET et al., 2000).

Um estudo com 13 nadadores de elite comprovou coordenação assimétrica para todos os atletas (CHOLLET et al. 2009). Duração de agarre e tração se mostrou mais elevada para braço dominante, oposto da respiração, o que pode acentuar desequilíbrio de forças entre os dois braços (CHOLLET et al. 2009).

Um outro estudo realizado com 28 nadadores divididos em 3 grupos segundo nível de habilidade, sendo 10 de elite, 10 de nível médio e 8 não especialistas, encontrou assimetria de coordenação em função da respiração ampliada para os menos habilidosos (SEIFERT et al., 2005). Nadadores de elite apresentaram maior e mais estável parâmetros temporais (velocidade e duração da braçada), um alto valor de IDC e baixa frequência respiratória, mantendo um nado mais eficiente e coordenação de braço assimétrico não foi perturbado pela ação da respiração. Em um subgrupo, composto por um nadador de cada nível, com realização de respiração bilateral não ficou verificado nenhuma assimetria de braço. No entanto, apesar de uma propulsão mais equilibrada, esta não se apresentou como melhor propulsão. A observação dos dados indica que um braço é responsável pelo ritmo e produz as forças superiores, o que explica a utilização da respiração unilateral pelos

atletas em competições. Nos nadadores de elite, assimetria não diferiu com e sem respiração indicando que a assimetria não provém da respiração, como sugerido previamente. Isto não se aplica aos nadadores menos eficientes, no qual ficou demonstrado ampliação de assimetrias com a respiração. (SEIFERT et al., 2005).

Em análise da saída em prova de nado crawl, não foi observado influência do estilo de saída na coordenação dos braços na fase do nado completo, no entanto, um aumento do IDC foi observado durante os 25 metros, indicando que os nadadores melhoram a continuidade da propulsão das ações dos braços, implementando sua coordenação (VANTORRE et al., 2010).

2.6.2 Assimetria de aplicação de força entre hemicorpos.

Observações em diferenças nas distâncias entre pontos de entrada e saída da mão direita e esquerda na natação levaram a implicação da dominância de um braço sobre o outro, fato provavelmente relacionado com diferença de força entre os braços (COLWIN, 2000). Assimetrias podem estar relacionadas a diferenças nos papéis funcionais dos membros superiores, sendo o membro dominante usado principalmente para a propulsão e o não dominante para controle e suporte (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010), nadadores conseguem aplicar maior força propulsora ao tracionar braço dominante em relação ao não dominante (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010).

Teste isocinético revelou que nadadores possuem rotação interna/externa desequilibrada e significativamente menor que sedentários (OLIVIER et al., 2008). Nadadores apresentam diferença na área transversa da musculatura do manguito rotador e exames clínicos mostram que 55% dos nadadores apresentam pronação escapular e 67% frouxidão de estruturas capsulares antero – inferior (OLIVIER et al., 2008).

Mensuração de força isocinética de músculos rotadores medial do ombro por dinamômetro demonstrou aplicação de força assimétrica em 8 de 13 nadadores (CHOLLET et al., 2009). Alude-se que respiração unilateral apresenta impacto sobre assimetrias, enquanto preferência por respiração bilateral evidencia uma melhor distribuição de força entre braços direito e esquerdo (CHOLLET et al., 2009). No entanto, comparação dos picos de força entre o lado da respiração e contra-lateral em 30 segundos de teste em NA empregado para 10 nadadores competitivos não

diferiram estatisticamente, porém na comparação entre braçada direita e esquerda, diferenças foram encontradas em oito dos 10 sujeitos, sugerindo que os nadadores apresentam assimetria na força aplicada por braçada e que esta não está relacionada com o movimento de respiração (MORÉ, 2007).

Teste de assimetria em membros inferiores e preferência de posição no salto da natação utilizando sincronia de equipamentos de vídeo e plataforma de força, relatou melhor performance com posição de perna preferida a frente, porém esta não foi relacionada com membro dominante (HARDT et al., 2009). Sugere-se que a preferência para o salto na natação não depende da diferença de força entre membros e pode ser atribuída a uma maior atenção de uma em detrimento da outra na prática do treino, sendo necessário mais estudos para compreender o comportamento da lateralidade e se postura mais adequada pode ser predita por meio de medidas assimétricas (HARDT et al., 2009).

A investigação da simetria em função das forças aplicadas são importantes por orientar treinamentos compensatórios que visem evitar instabilidade de articulação do ombro (CHOLLET et al., 2009) responder a assimetrias excessivas (SEIFER et al., 2005) além de reduzir risco de fadiga prematura por um dos segmentos. Estudos dedicados à avaliação simétrica de aplicação da força de forma específica são escassos, NA parece ser uma alternativa metodológica eficaz para mensuração desta variável.

2.7 SÍNTESE DA REVISÃO

A natação é uma modalidade esportiva diferenciada por ocorrer no meio líquido. As propriedades físicas da água exercem efeito determinante no desempenho do nado e o incremento na velocidade de deslocamento do nadador depende de sua capacidade em maximizar a aplicação de forças propulsoras e minimizar a resistência (arrasto) oferecida pela água (MAGEL, 1970). Logo, avaliações específicas (dentro da água) se apresentam como metodologia mais vantajosa no estudo das forças propulsivas empregadas no deslocamento do nado. Uma alternativa de avaliação específica amplamente utilizada é o teste de nado atado que monitora continuamente a aplicação das forças propulsivas possibilitando a análise do comportamento da força com a fadiga gerada no decorrer da própria prova durante as ações dos hemicorpos direito e esquerdo. A avaliação de força

isolada entre segmentos permite análise de discrepância entre hemicorpos. Estudo sobre assimetrias na natação são importantes principalmente por associação com desempenho de alto rendimento (CHOLLET et al. 2000; ALBERTY et al., 2009; CHOLLET et al., 2009; SEIFERT et al., 2005; PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010). Não foram encontrados na literatura estudos que relatem diferenças de aplicação de força entre segmentos em teste específico na natação, assim como o comportamento das assimetrias com a instalação da fadiga no decorrer de uma prova, estando limitado a estudos cinemáticos empregados para descrever diferenças de coordenação entre os hemicorpos durante o nado. Desta forma, este estudo tem o propósito de cobrir uma lacuna importante na literatura sobre assimetrias na aplicação de força entre hemicorpos e relação com desempenho.

3 – METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa caracteriza-se como um estudo do tipo descritivo, correlacional e transversal (THOMAS E NELSON, 2007), pois visa estabelecer o grau de associação entre o desempenho observado durante o nado atado em relação às assimetrias entre o hemicorpo esquerdo e direito na capacidade de geração de forças propulsivas e a influência da fadiga durante uma prova de natação.

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Saúde da Universidade Federal do Paraná (número 2597.0.000.091.10).

3.2 SUJEITOS

Foram convidados a participar do estudo 21 nadadores de nível regional e estadual, de ambos os sexos, com idade entre 16 e 30 anos. A seleção dos avaliados aconteceu por acessibilidade e os sujeitos foram recrutados de academias de natação locais e próximas a Universidade. Os sujeitos foram incluídos/excluídos de acordo com um conjunto de critérios. As variáveis de inclusão demandavam que os sujeitos tivessem (i) experiência competitiva mínima de dois anos, (ii) treinassem com regularidade igual ou superior a 3 vezes semanais (iii) assinassem termo de consentimento livre e esclarecido. As variáveis de exclusão compreenderam (i) a não aceitação do protocolo proposto (ii) lesão que pudesse influenciar o desempenho do nado (iii) cirurgias articulares recentes (iv) frequência de treino inferior a 3 vezes semanais.

3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Os sujeitos foram convidados a participar de uma sessão experimental composta por três testes que compreenderam: (i) uma simulação máxima de 200m crawl em nado livre, (ii) 2 min de esforços máximos estilo crawl em protocolo de nado atado e (iii) um teste isométrico máximo de membros superiores. O estilo crawl foi selecionado por ser considerado o estilo mais comum e o mais rápido dentre os

diferentes nados. A prova de 200m foi escolhida para possibilitar análise da influência da fadiga gerada durante a própria prova sobre as variáveis avaliada. O tempo de 2 minutos de nado atado foi empregado pela especificidade com a prova de 200m em nado livre, que é realizada em tempo próximo a este. As sessões de nado tiveram um intervalo de 30 minutos entre si e o teste isométrico foi realizado em dia separado.

Tomadas de um conjunto de medidas antropométricas antecederam o início de qualquer procedimento experimental. Antes do teste de nado atado, os sujeitos foram familiarizados com os equipamentos e protocolos de medida para evitar distorções em função de aprendizagem. Os atletas realizaram o teste somente após se sentirem seguros em relação à execução do movimento.

Considerando que o estudo visou comparar um conjunto de variáveis do nado atado (NA) com o nado livre (NL), as variáveis de velocidade limpa e frequência de braçada foram mensuradas durante o teste de simulação máxima de 200m enquanto que as variáveis força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso foram mensuradas num teste de 2min máximo de nado atado.

Para determinar a assimetria durante o NA, foram comparadas as variáveis de força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso dos hemisférios direito e esquerdo. A influência do efeito da respiração sobre as assimetrias também foi analisado. Após identificado o tipo de respiração usualmente empregado nas sessões de treinamento, os atletas foram separados em preferência de respiração uni e bilateral e tiveram as assimetrias das variáveis em NA comparadas. Para determinar o efeito das assimetrias sobre o desempenho, o grupo foi estratificado em função dos seus melhores tempos na prova de 200m livre. Para essa finalidade, o grupo de maior desempenho foi considerado aquele em que o tempo da prova de 200m livres estava abaixo da média dos participantes com um todo e o grupo de menor desempenho com o tempo acima da média dos participantes. O efeito da fadiga sobre as assimetrias foi determinado pela comparação das variáveis empregadas para o contraste entre hemisférios (força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso) medidas no início, meio e fim da prova simulada de NA.

Finalmente, um teste de força isométrica máxima de membros superiores foi realizado em posição similar aquela empregada na metade da fase propulsiva da braçada (vide Figura 3.6) a fim de identificar se a capacidade de produção de força

de cada membro superior relaciona-se aquela observada durante o NA. O teste de força isométrica máxima permitiu analisar se as assimetrias entre os hemisferos eram comparáveis aquelas encontradas no NA. A comparação do teste de força isométrico dos membros superiores foi comparada e correlacionada com os resultados iniciais (10s) das variáveis do NA para determinar o efeito da especificidade de testes aplicados à natação.

3.3.1 Medidas Antropométricas

Foram mensurados peso (P), estatura (Est) e envergadura (E) e para tanto foi utilizado os seguintes instrumentos e métodos: O peso foi aferido em quilogramas (kg) em uma balança mecânica (Filizola®) com resolução de 100 gramas. A mensuração foi realizada antes da entrada do indivíduo na piscina, em traje de banho, com o avaliado descalço, no centro da plataforma, braços ao longo do corpo, posição ortostática, de frente para o avaliador (PETROSKI, 2003).

Para mensurar a estatura utilizou-se um estadiômetro tipo trena com precisão de 0,1cm fixado na parede a dois metros do solo. O avaliado permaneceu com os pés e calcanhares unidos e, nádegas e parte superior das costas encostadas na escala. A cabeça ficou posicionada no plano de Frankfurt. A mensuração se deu com o avaliado em apnéia inspiratória (NORTON e OLDS, 2005).

A envergadura foi mensurada pela distância entre o ponto dátilo das mãos esquerda e direita (terceiro dedo) com o indivíduo em ortostase, costas em uma parede, ombros em abdução de 90°, cotovelos, punhos e dedos em extensão (NORTON e OLDS, 2005). O material usado para obtenção da medida compreendeu uma fita antropométrica flexível de material não extensível, escala 0,1cm (Sanny®) fixada a parede perpendicular ao solo. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado segundo recomendações da Organização Mundial da Saúde a partir dos dados de estatura e massa corporal.

3.3.2 Testes experimentais

Inicialmente os sujeitos foram orientados a realizar um aquecimento típico não controlado do qual estivessem acostumados a realizar antes de suas sessões de treinamento e competições. O aquecimento envolveu nado em velocidade baixa

durante 10 minutos e foi realizado em uma piscina de 25m, coberta e aquecida com água controlada a 29° C. Após o aquecimento os participantes realizaram uma prova máxima de 200m crawl com saída de dentro da piscina. Os participantes receberam instrução para tentar atingir seu melhor desempenho e receberam incentivo verbal durante a prova. Durante a prova, um conjunto de medidas cinemáticas foi realizado a fim de determinar variáveis de desempenho do nado em condições de nado livre.

Após um intervalo mínimo de 30 minutos de recuperação, os atletas realizaram o teste de nado atado. Neste teste, os nadadores estavam conectados a um cinto posicionado ao redor da cintura e dotado de um sistema de conexão rápida que foi ligado a uma corda inextensível presa na parede. A figura 3.1 apresenta esquematicamente o sistema de nado atado empregado.

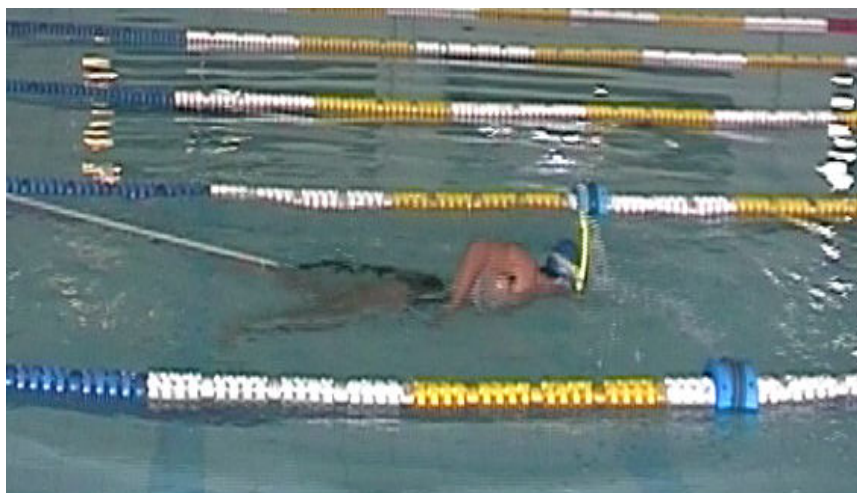


Figura 3.1: Sistema de Nado Atado empregado para o teste de força dos nadadores

Foi permitido que os sujeitos realizem um breve período de adaptação de baixa intensidade de nado a fim de evitar que a análise fosse iniciada durante a aceleração do nado. Após aproximadamente 5s um sinal sonoro foi disparado (apito) para dar início à máxima aplicação de força propulsora exercida durante 2min, quando o teste foi finalizado. Este procedimento foi adotado em função de minimizar os efeitos inerciais sofridos pelo cabo, que podem influenciar os resultados caso os atletas realizassem uma brusca mudança na aplicação da força, e desta forma os resultados da força propulsora fossem superestimados (MARINHO, 2002; MOROUÇO, 2009).

Os atletas utilizaram um tubo de respiração do tipo “snorkel”, com o intuito de desconsiderar a influência que a respiração lateral pode exercer no resultado final da medida (MARINHO, 2002).

Apesar de todos os cuidados adotados para que o teste empregado representa-se ao máximo a situação de nado livre, assume-se a limitação do nado atado modificar ligeiramente a posição do corpo na água (MAGLISCHO e MAGLISCHO, 1984) que juntamente com a utilização do snorkel pode ter alterado em partes a técnica do nado.

Em dia separado, os atletas realizaram um teste de força isométrica máxima de membros superiores.

3.3.3 Análise cinemática

A análise cinemática foi realizada para determinar a frequência de braçada (FB) e a velocidade média limpa do nado (VM). Essas variáveis têm sido freqüentemente empregadas na avaliação do nado. Não foi possível testar as variáveis de comprimento de braçada e índice de nado (CB e IN) por inviabilidade do teste de nado atado ser estacionário.

Para determinar o desempenho no nado de 200m crawl, foi realizado uma gravação no plano sagital do nadador utilizando um sistema de vídeo bidimensional. Uma câmera (JVC GRDVL 9500, Japan) foi posicionada sobre um tripé, a uma altura 1 m acima do nível da água, com o centro da imagem a 8 m de distância da câmera, captando imagens com uma abertura de 12 m. Foi utilizado um holofote lateralmente à câmera para melhorar as condições de iluminação do nadador. A calibração foi formada por uma linha imaginária traçada no plano de deslocamento do nadador por ligação de 4 pontos demarcados, dois em cada raia com distância de 10 metros (7,5m de distância entre a borda de saída e 7,5m da borda oposta).

O instante de entrada e saída da cabeça por entre a área de calibração foi delimitado para calcular a Vm limpa de nado (Figura 3.2). A FB foi calculada pelo número de ciclos de braçada no intervalo de 1 minuto com base no tempo médio de 3 ciclos de braçadas captados pelo vídeo.

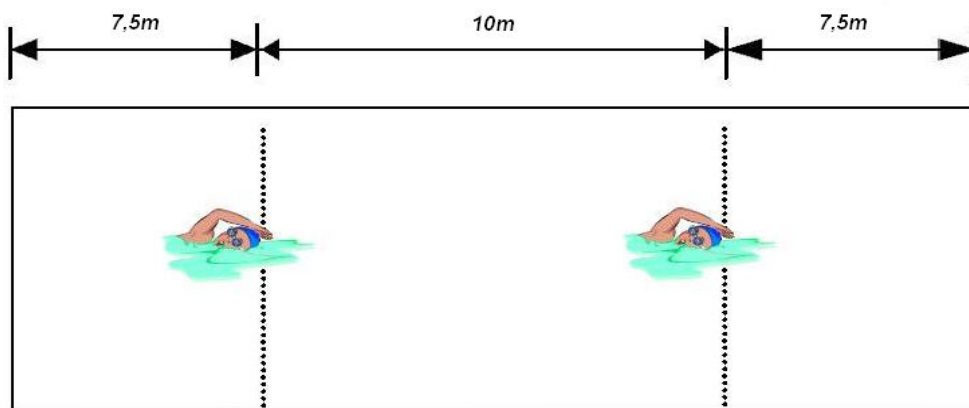


Figura 3.2 Traçado exemplificativo da captura de imagem para cálculo da velocidade média limpa em nado livre (VL_{NL}) adaptada (MARINHO, 2002).

Para análise cinemática em nado atado da variável FB foi utilizado o mesmo procedimento adotado para os 200 metros livres, porém, neste, a câmera estava a 4 m de distância do centro da imagem, captando representação com uma abertura de 4 m. A Velocidade média não foi mensurada no teste de nado atado devido ao fato do nado permanecer estacionário.

3.3.4 Mensuração da Força em NA

Para mensuração da força propulsora em nado atado foi utilizado uma adaptação do protocolo proposto por Papoti et al. (2003). O sistema utiliza-se de um dinamômetro contendo uma célula de carga (*strain gauge*) como elemento sensor primário (KRATOS). O dinamômetro é posicionado numa corda de massa desprezível que é fixa ao sujeito. Na extremidade da corda foi adaptada uma pequena banda elástica que visa minimizar os efeitos abruptos gerados pelas forças propulsivas sobre a corda. A deformação detectada pela célula de carga durante os esforços do nadador é amplificada por uma fonte de extensometria portátil (MSCK). Os valores obtidos durante os esforços foram convertidos por meio de um cartão conversor analógico-digital (National Instruments, Modelo NI USB-6009) e armazenados em um programa para aquisição de dados, *Lab View*, na frequência de 500Hz. Estes valores foram submetidos ao processo de análise residual (Winter, 2005). Os dados foram filtrados com filtro do tipo “butterworth” de segunda ordem com frequência de corte de 15 Hz, determinada pela análise residual. O

equipamento foi calibrado com sobreposição de massas conhecidas e a reta de calibração foi utilizada posteriormente para converter os dados da célula de carga (mV) para unidades de força (N). O processamento dos dados foi realizado através de uma rotina especialmente desenvolvida para essa finalidade (MATLAB 7.0), que permitiu determinar a força do pico propulsivo (FP_{NA}), força média (FM_{NA}), taxa de desenvolvimento de força (TDF) e o impulso de cada braçada (I_{NA}). O pico da força propulsiva foi definido como o máximo valor de força no sentido do deslocamento (horizontal) encontrado em cada braçada. A força propulsiva foi calculada considerando o vetor horizontal da força mensurada na célula de carga. Para isso, o ângulo do cabo medido por fotografia foi utilizado para corrigir os valores das forças propulsivas (Figura 3.3). A taxa de desenvolvimento de força foi representada pela variação da força no tempo. A taxa de desenvolvimento de força foi calculada no segmento de reta que compreende o período de tração do hemicorpo analisado. A identificação da fase de tração foi feita cinematicamente por uma câmera sincronizada que permitiu determinar o lado e o instante de atividade de cada um dos membros superiores durante a propulsão. O impulso foi estimado pela integral da relação força-tempo e foi determinado entre o instante de início e final da braçada.

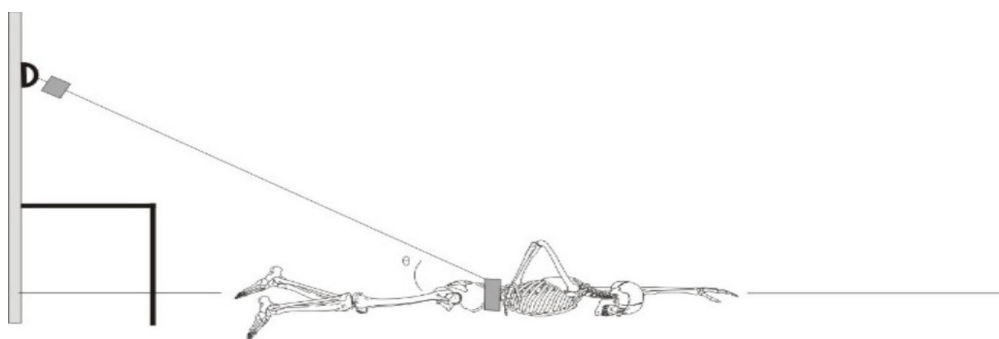


Figura 3.3 Esquemática do ângulo do cabo medido por fotografia utilizado para corrigir os valores das forças propulsivas

A figura 3.4 exemplifica a representação de cada variável no gráfico de força gerado pelo nado atado.

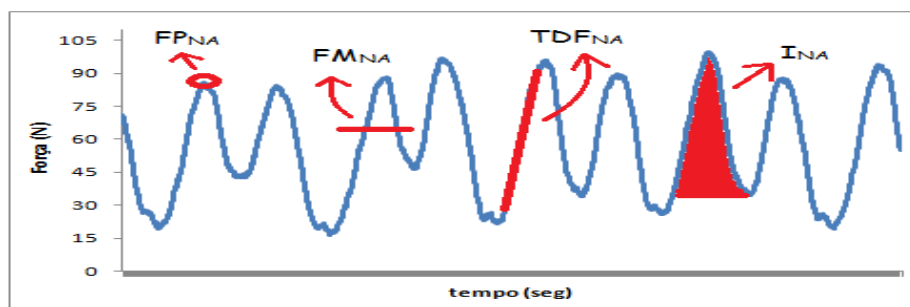


Figura 3.4 Representação dos parâmetros propulsivos do nado atado.

A sincronização dos dados cinéticos e cinemáticos ocorreu por meio de um pulso elétrico emitido por um módulo eletrônico utilizado para posterior identificação dos sinais de força. Ao ser acionado o sistema de sincronização emite um sinal elétrico que acende um LED que campo visual da câmera e que é identificado num dos canais de coleta do cartão analógico digital.

Como a técnica de nado atado monitora continuamente as forças geradas durante a execução do teste, os parâmetros da curva foram utilizados para verificar a manutenção da força em três instantes da prova. Para essa análise foram escolhidas as seis primeiras braçadas (entre 5 e 15seg), as seis braçadas intermediárias (entre 55 e 65seg) e seis braçadas finais (entre 110 a 120s) a fim de representar o início (INI), o meio (MEI) e o fim (FIM) da prova, respectivamente.

A perda de desempenho do nado foi determinada pela taxa de queda no pico de força, taxa de desenvolvimento de força e impulso calculada entre cada uma das fases da prova (INI, MEI e FIM). A figura 3.5 exemplifica o comportamento da queda de força média dos 10 primeiros segundos para os 10 segundos intermediários e 10 segundos finais, para teste de 2min máximos em nado atado, estilo crawl.

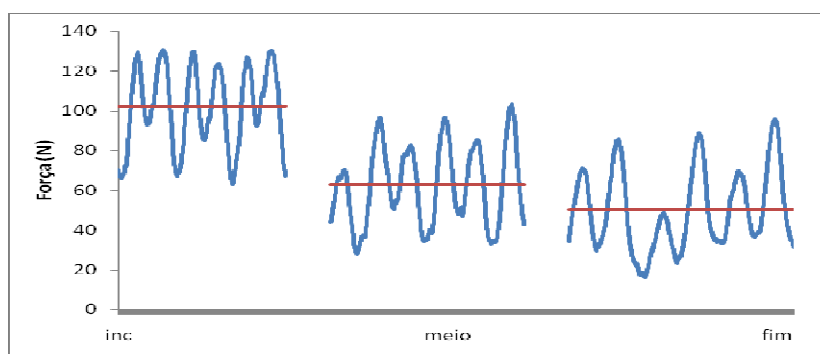


Figura 3.5 - Comportamento representativo de um dos participantes que demonstra a queda de força média (INI, MEI, FIM) para o teste de 2min NA

3.3.5 Mensuração da Força Isométrica

A força isométrica máxima de membros superiores foi avaliada com os sujeitos em decúbito ventral sobre um banco. Na avaliação, os participantes mantiveram braço e antebraço num ângulo de 90° e polegar em traçado reto com o processo xifóide, correspondente a posição da metade da fase propulsiva da braçada no nado crawl. A figura 3.6 representa esquematicamente a posição adotada para a realização do teste. A mão do braço avaliado estava conectada (por agarre) a um suporte durante a aplicação da força máxima. O suporte foi conectado por cabo de aço a uma célula de carga com características e processamentos de dados conforme aqueles descritos anteriormente. Após orientação para a execução do teste, os participantes foram solicitados que aplicassem máxima força da forma mais rápida possível por um período de 3s. Após a execução do teste, o outro segmento foi avaliado. Os testes foram realizados de forma aleatória. O maior valor de três tentativas válidas foi respeitado. O teste foi considerado como válido quando a força demonstrou um aumento abrupto na curva força-tempo e foi mantida durante 3s. Os testes em que a curva força-tempo apresentou picos relacionados à aos efeitos inerciais dos cabos não foram considerados. Além disso, os testes válidos foram analisados em relação à variabilidade a fim de descartar testes com variação maior que 10%. O intervalo entre cada tentativa foi de aproximadamente 1min. Os participantes executaram, no máximo, 5 tentativas para a obtenção de 3 execuções válidas, caso contrário, alternava-se o segmento avaliado a fim de minimizar possíveis efeitos de fadiga no teste. Com o objetivo de evitar possíveis interferências do processo de aprendizagem no resultado do teste, antes do início da coleta, os participantes foram submetidos a uma sessão de familiarização e realizam o teste somente após se sentirem adaptados ao procedimento.

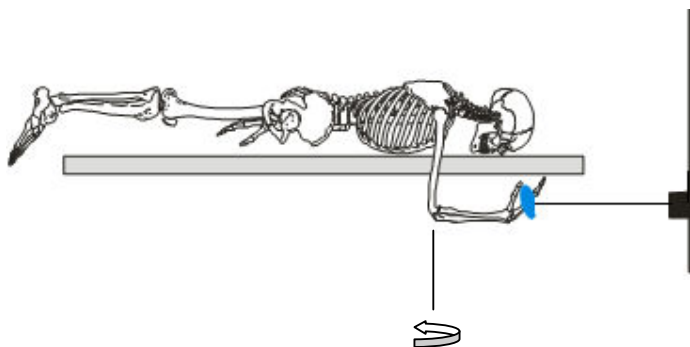


Figura 3.6 – Esquema do posicionamento para avaliação da força isométrica dos membros superiores.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Este estudo teve como variáveis independentes a prova de 200 m crawl, o teste de 2 minutos em nado atado e o teste de força isométrica máxima de membros superiores e como variáveis dependentes um conjunto de variáveis selecionadas para descrever os parâmetros propulsivos do movimento (força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso). Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva padrão (médias e desvios-padrão). A correlação entre o FP, FM e FB no NA e a VM no NL foi analisada através do teste de correlação de Pearson. Uma Anova fatorial foi utilizada para comparar o desempenho dos hemicorpos direito e esquerdo em função dos instantes de fadiga (início, meio e fim). Para determinar onde tais diferenças ocorreram, um teste t de student foi aplicado. Uma segunda Anova fatorial foi aplicada para verificar o comportamento da assimetria com a fadiga sobre os indicadores de propulsão do nado entre INI, MEI e FIM. Outras análises de variância fatorial foram aplicadas para identificar a influência do nível dos atletas (maior e menor desempenho) e preferência respiratória sobre os parâmetros de assimetria do nado. O teste t de student para medidas dependentes foi empregado para identificar onde as diferenças ocorreram. Análises não paramétricas (Man Whitney e Friedman Anova) foram preferidas sempre que não foi possível confirmar a normalidade e homogeneidade dos dados.

Para a comparação entre as variáveis FP e TDF do teste isométrico com o início do teste de NA (10s iniciais), o teste t de student foi empregado. A correlação entre essas variáveis foi realizada pela correlação de Pearson.

O nível de significância adotado para todos os procedimentos estatísticos foi de $p \leq 0,05$. O *software* Statistica versão 7 foi utilizado.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização da Amostra

Os dados apresentados na tabela 4.1 caracterizam a amostra. Os atletas completaram em média a prova de 200m máximo estilo crawl em $140,4 \pm 10,1$ s. Observa-se que dentre os vinte e um sujeitos que compuseram a amostra, apenas um apresenta dominância esquerda. Dentre os atletas, 42,9% realizam respiração unilateral e 57,1% bilateral e competem no estilo crawl. Além disso, 9,5% também competem em provas do estilo peito, 9,5% em borboleta e 4,7% em costas.

TABELA 4.1 – Dados de dominância, preferência respiratória, estilo que competem, médias e desvios padrão de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e tempo de conclusão de 200 metros crawl.

Sujeito	Idade (anos)	Estatura (m)	Massa (kg)	IMC (kg/m ²)	Tempo (s)	Dom.	Resp	Estilo
1	16	1,74	62	20,48	141,83	Destro	BI	cr/pto
2	16	1,87	76	21,73	142,46	Destro	BI	Cr
3	17	1,8	76	23,45	131,3	Destro	BI	pto/cr
4	25	1,65	64	23,51	146,66	Sinistro	uni (E)	Cr
5	22	1,81	72	21,98	130,56	Destro	uni (D)	Cr
6	17	1,87	77	22,02	129,69	Destro	BI	cr/borbo
7	26	1,74	64	21,14	156,92	Destro	BI	Cr
8	19	1,79	59	18,41	133,13	Destro	Uni	Cr
9	19	1,79	72	22,47	129,67	Destro	Uni	Cr
10	23	1,79	72	22,47	133,98	Destro	Uni	Cr
11	20	1,66	63	22,86	155,71	Destro	Uni	Cr
12	28	1,75	72	23,51	135,13	Destro	uni(D)	Cr
13	24	1,74	70	23,12	140	Destro	BI	Cr
14	20	1,94	93	24,71	135,27	Destro	BI	cr/cts
15	29	1,74	75	24,77	158,27	Destro	uni (D)	Cr
16	16	1,85	79	23,08	141,23	Destro	Uni	Cr
17	18	1,78	62	19,57	127,56	Destro	BI	cr/borbo
18	30	1,81	71	21,67	137,99	Destro	Uni	Cr
19	26	1,75	68	22,20	138,58	Destro	uni(E)	Cr
20	27	1,81	75	22,89	161,14	Destro	Bi	Cr
21	16	1,8	84	25,92	141,69	Destro	Uni	Cr
MÉDIA	21,62	1,78	71,71	22,34	140,42			
DP	4,76	0,06	8,08	1,72	10,09			

Cr= crawl; D= direita; E= esquerda; Uni= unilateral; Bi= bilateral; pto= peito; borbo = borboleta; cts= costas

4.2 Variáveis propulsivas do NA

Os valores médios no nado atado de força pico (FP_{NA}), força média (FM_{NA}), taxa de desenvolvimento de força (TDF_{NA}) e impulso (I_{NA}) estão apresentados na tabela 4.2.

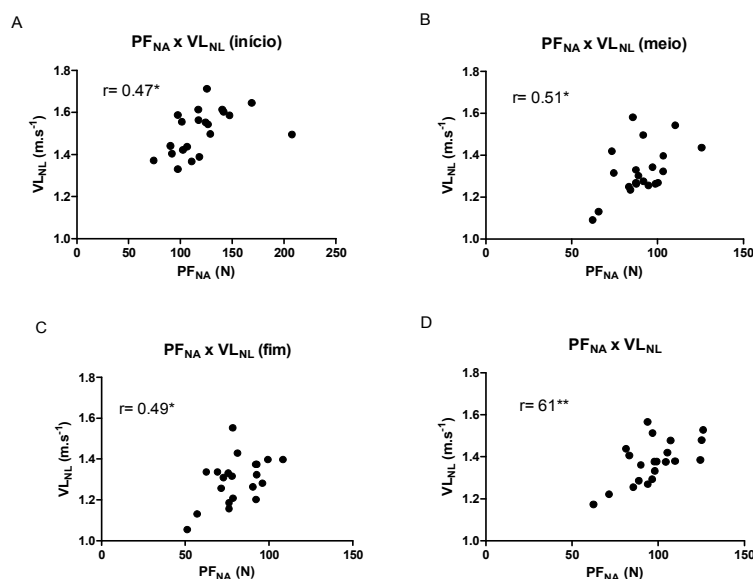
TABELA 4.2 – Média e desvio padrão da força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso no nado atado.

	INI	MEI	FIM	MÉDIA
FP_{NA} (N)	120,70 ± 31,10	90,42 ± 16,83	80,61 ± 16,13	97,24 ± 26,77
FM_{NA} (N)	95,47 ± 28,20	67,72 ± 13,25	58,44 ± 11,95	73,88 ± 24,71
TDF_{NA} (N.s⁻¹)	0,31 ± 0,09	0,25 ± 0,07	0,23 ± 0,09	0,26 ± 0,09
I_{NA} (N.s)	77,34 ± 41,98	59,54 ± 24,81	55,63 ± 19,29	64,17 ± 31,27

FP_{NA} = força pico em nado atado; FM_{NA} = força média em nado atado; TDF_{NA} = taxa de desenvolvimento de força em nado atado; I_{NA} = impulso de nado atado.

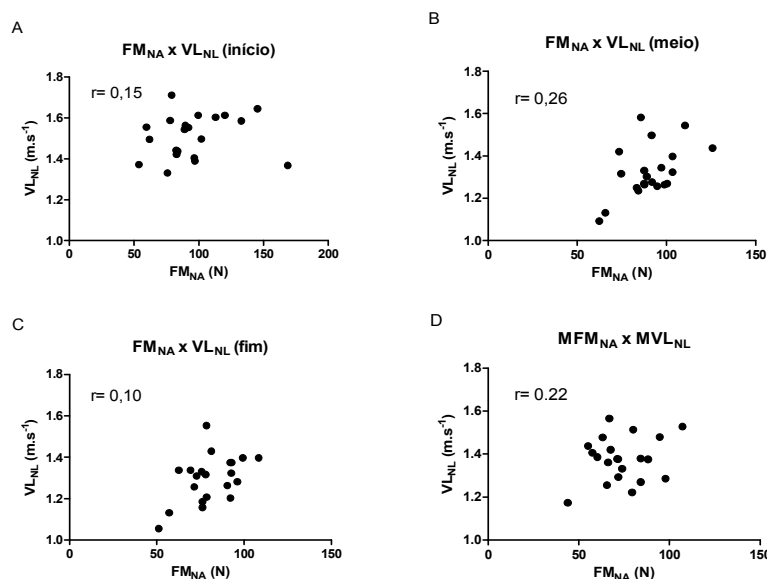
4.2.1 Nado atado vs Nado livre

O Pico médio de força em nado atado (PMF_{NA}) mostrou correlação com a velocidade limpa em nado livre (VL_{NL}) em todos os instantes mensurados. As correlações entre o FP_{NA} e a velocidade no nado livre em cada instante da prova podem ser visualizadas na figura 4.1. Os valores médios PMF_{NA} e a velocidade de nado livre também estão representados na figura 4.1. A média de força (MF_{NA}) não apresentou correlação com a VL_{NL} ($p > 0.05$). A FB_{NA} apresentou correlação com a FB_{NL} apenas no instante médio do teste ($r = 0.45$; $p < 0.05$).



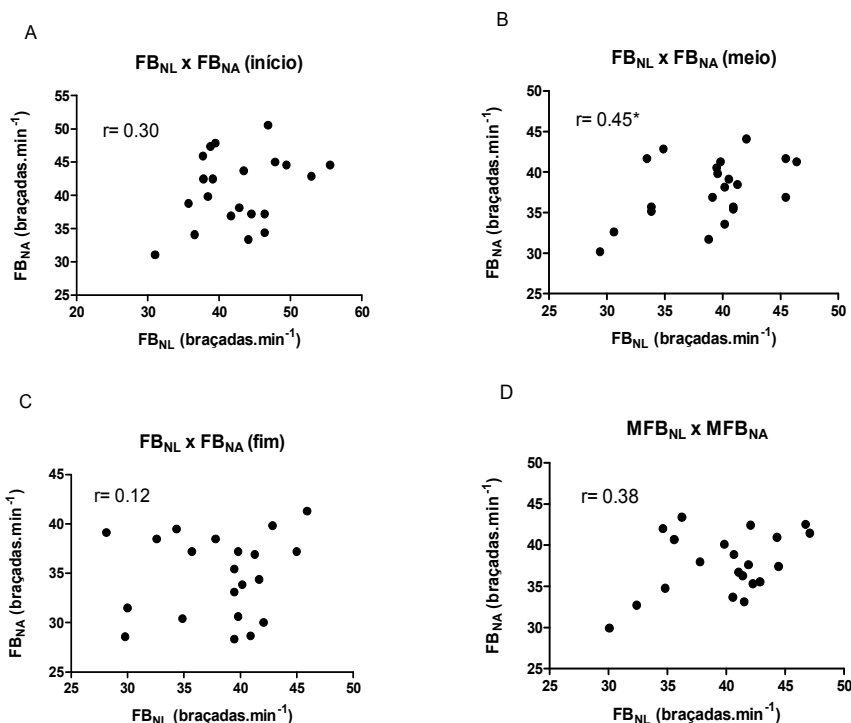
FP_{NA} = força pico em nado atado; VL_{NL} = velocidade limpa em nado livre; FPM_{NA} = média força pico em nado atado

Figura 4.1 – Correlação entre o Força pico no nado atado (FPM_{NA}) e a velocidade de nado livre (VL_{NL}) entre diferentes instantes (A = início, B = meio e C=fim) e seus respectivos valores médios (D).



FM_{NA} = força média em nado atado; VL_{NL} = velocidade limpa em nado livre; MF_{NA} = média da força média em nado atado; MV_{NL} = média velocidade limpa em nado livre

Figura 4.2 – Correlação entre a Média de Força no nado atado (MF_{NA}) e a velocidade de nado livre (VL_{NL}) entre diferentes instantes (A = início, B = meio e C=fim) e seus respectivos valores médios (D).

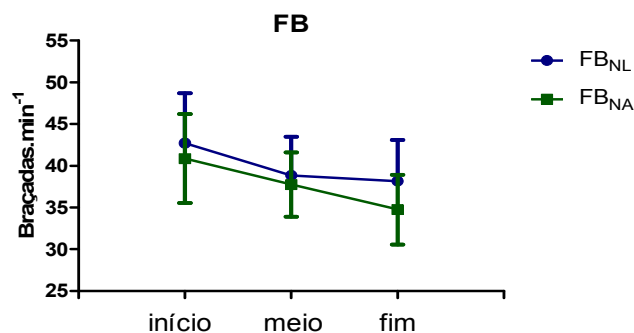


FB_{NA} = frequência de braçada no nado atado; FB_{NL} = frequência de braçada no nado livre; MFB_{NA} = média de frequência de braçada no nado atado; MFB_{NL} = média de frequência de braçada no nado livre.

Figura 4.3 – Correlação entre a Frequência de Braçada nos nados atado (FB_{NA}) e livre (FB_{NL}) entre diferentes instantes (A = início, B = meio e C=fim) e seus respectivos valores médios (D).

4.2.2 Comportamento FB com o decorrer dos testes (NA e NL)

No nado livre a FB apresentou queda do início para o meio do teste ($p < 0.01$), e manteve-se inalterada do meio para o final ($p = 0.74$), enquanto para o nado atado apresentou decréscimos em todos os instantes da prova (início-meio e meio-fim; $p < 0.01$).

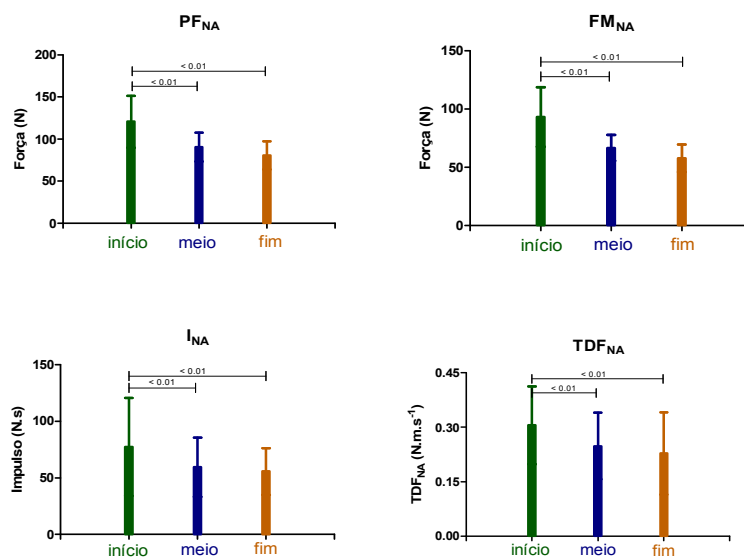


FB_{NA} = frequência de braçada no nado atado; FB_{NL} = frequência de braçada no nado livre

Figura 4.4 – Comportamento da frequência de braçada no nado livre (FB_{NL}) e atado (FB_{NA}) entre diferentes instantes (início, meio e fim).

4.3 Perda do desempenho no nado

A Figura 4.6 demonstra as alterações nas variáveis de nado atado no início, meio e fim do teste. Os resultados indicam uma redução no desempenho do nado em todas as variáveis entre o início e o meio ou fim do teste ($p < 0.01$). Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre o meio e o fim do teste em nenhuma das variáveis analisadas ($p > 0.05$).

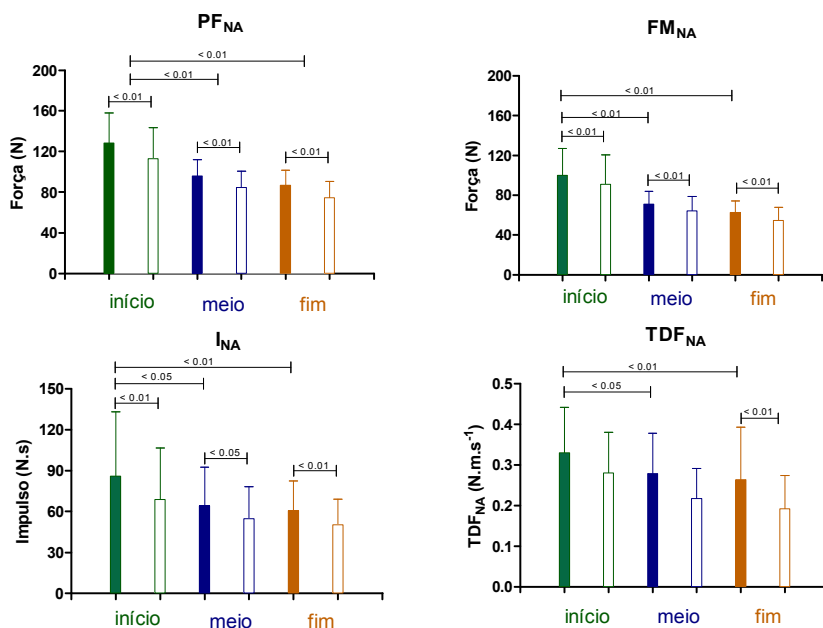


FP_{NA} = força pico em nado atado; FM_{NA} = força média em nado atado; I_{NA} = impulso de nado atado; TDF_{NA} = taxa de desenvolvimento de força em nado atado.

Figura 4.6 - Comportamento das variáveis de nado atado durante o início, meio e fim do teste

4.4 Assimetria de nado entre hemicorpos

Ocorreram assimetrias entre hemicorpos para todas as variáveis avaliadas ($p < 0.05$) indicando diferenças entre lados direito e esquerdo durante o nado. A Figura 4.5 demonstra as diferenças entre hemicorpos de maior e menor desempenho no início, meio e fim do teste.



FP_{NA} = força pico em nado atado; FM_{NA} = força média em nado atado; I_{NA} = impulso de nado atado; TDF_{NA} = taxa de desenvolvimento de força em nado atado. Nota: Os valores de significância encontram-se indicados na Figura. As colunas sólidas representam o segmento de maior desempenho, enquanto que as colunas sem preenchimento representam o segmento de menor desempenho.

Figura 4.5 Assimetrias de força pico (FP_{NA}), força média (FM_{NA}), impulso (I_{NA}), e taxa de desenvolvimento de força (TDF_{NA}) entre diferentes instantes (início, meio e fim).

4.4.1 Grupo Unilateral vs Grupo Bilateral

Assimetrias entre força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso não foram alterados por divisão de grupo segundo preferência de respiração (unilateral ou bilateral) (TABELA 4.3).

TABELA 4.3 – Comparação das assimetrias dos parâmetros propulsivos entre grupos com preferência de respiração bilateral e preferência unilateral.

	GB	GU	P
AFP_{NA} (N)	13,22 ± 2,08	17,17 ± 1,80	0,16
AFM_{NA} (N)	7,25 ± 1,08	8,79 ± 0,94	0,28
ATDF_{NA} (N.s⁻¹)	37,06 ± 5,15	29,67 ± 4,46	0,28
AI_{NA} (N.s)	18,76 ± 2,17	13,79 ± 1,88	0,09

AFP_{NA} = assimetria força pico em nado atado; AFM_{NA} = assimetria de força média em nado atado; ATDF_{NA} = assimetria taxa de desenvolvimento de força em nado atado; AI_{NA} = assimetria impulso de nado atado; GB = grupo com preferência de respiração bilateral; GU = grupo com preferência de respiração unilateral.

4.4.2 Grupo maior desempenho vs grupo menor desempenho

Grupo de maior desempenho mostrou ser mais simétricos para força pico e força média, entretanto taxa de desenvolvimento de força e impulso não diferiram entre grupos de maior e menor desempenho (TABELA 4.4).

TABELA 4.4 – Comparação das assimetrias dos parâmetros propulsivos entre grupo de maior habilidade e grupo de menor habilidade.

	G1	G2	P
AFP_{NA} (N)	11,63 ± 1,76	17,93 ± 1,84	0,016*
AFM_{NA} (N)	6,76 ± 0,96	9,64 ± 1,00	0,042*
ATDF_{NA} (N.s⁻¹)	31,74 ± 4,79	34,05 ± 5,02	0,74
AI_{NA} (N.s)	14,26 ± 1,99	17,73 ± 2,08	0,23

AFP_{NA} = assimetria força pico em nado atado; AFM_{NA} = assimetria de força média em nado atado; ATDF_{NA} = assimetria taxa de desenvolvimento de força em nado atado; AI_{NA} = assimetria impulso de nado atado; G1 = grupo de maior desempenho; G2 = grupo de menor desempenho.

4.4.3 Comportamento das assimetrias com o decorrer do NA

Não ocorreu variação de assimetria para nenhuma das variáveis mensuradas com o decorrer do teste de nado atado.

TABELA 4.5 – Variação absoluta e relativa das assimetrias dos parâmetros propulsivos do início para o meio e do meio para o fim do teste em nado atado.

		INI	MEI	FIM	P
AFP_{NA} (N)	ABS	15,33 ± 10,80	13,95 ± 10,61	15,06 ± 9,09	0,9
	REL	14,05 ± 11,63	14,10 ± 10,64	17,69 ± 10,09	0,9
AFM_{NA} (N)	ABS	9,06 ± 5,34	7,53 ± 5,03	8,01 ± 6,28	0,15
	REL	10,03 ± 6,71	10,80 ± 7,30	13,16 ± 10,18	0,42
ATDF_{NA} (N.s⁻¹)	ABS	0,09 ± 0,06	0,09 ± 0,07	0,09 ± 0,09	0,97
	REL	29,89 ± 20,30	38,51 ± 37,07	30,28 ± 20,19	0,52
AI_{NA} (N.s)	ABS	20,43 ± 14,01	14,46 ± 10,28	13,11 ± 8,93	0,1
	REL	24,20 ± 13,10	24,27 ± 18,02	22,48 ± 16,08	0,91

AFP_{NA} = assimetria força pico em nado atado; AFM_{NA} = assimetria de força média em nado atado; ATDF_{NA} = assimetria taxa de desenvolvimento de força em nado atado; AI_{NA} = assimetria impulso de nado atado; ABS = absoluto; REL = relativa, INI = início; MEI = Meio.

4.5 RELAÇÕES ENTRE TESTES DE NADO ATADO E ISOMÉTRICO

O teste isométrico demonstrou diferenças no pico de aplicação de força entre hemicorpos ($p < 0.01$) e na taxa de desenvolvimento de força ($p = 0.04$). Em termos relativos, a diferença detectada entre hemicorpos (aproximadamente 10%) foi semelhante à encontrada no início do teste de nado atado ($p = 0.24$ e $p = 0.88$, respectivamente).

A força isométrica e a taxa de desenvolvimento de força no teste isométrico foram maiores que aquelas encontradas durante o nado atado ($p < 0.01$, respectivamente) e não se correlacionaram com o pico ($r = 0,15$; $p > 0,05$) e com a taxa ($r = 0,16$; $p > 0,05$) de desenvolvimento de força durante o nado atado. Os valores da força e da taxa de desenvolvimento de força isométricos encontram-se na tabela 4.6.

TABELA 4.6 – Média e desvio padrão da força isométrica máxima (FI_{MAX}) e taxa de desenvolvimento de força isométrico (TDFI) para hemicorpos de maior e menor aplicação de força.

	Hemicorpo > F	Hemicorpo < F
FI_{Max} (N)	177,5 ± 58,2	156,3 ± 62,5
TDFI (N.s⁻¹)	0,81 ± 0,33	0,69 ± 0,39

FI_{Max} = força isométrica máxima; TDFI = taxa de desenvolvimento de força isométrico.

5. DISCUSSÃO

Os dados antropométricos que descrevem os sujeitos revelam que suas características físicas são similares aqueles reportados pela maioria dos estudos que avaliaram populações semelhantes (MOROUÇO, 2009; PSYCHARAKIS e SANDERS, 2008; KESKINEN et al., 2006; PAPOTI et al., 2007; MORÉ, 2008, SANTOS et al., 2010). Optou-se por uma amostra de nadadores que competem no estilo avaliado (crawl) para minimizar possíveis erros de familiarização com os testes empregados. O nível técnico dos atletas na prova de 200m correspondeu a um desempenho de 76,5% e 73,2% para os homens e de 80,9% e 76,3% para as mulheres em relação aos recordes brasileiro e mundial, respectivamente. A velocidade média da prova ($1,42 \pm 0,05$ m/s) foi ligeiramente inferior aquela relatada por outros estudos ($1,47\text{m/s} \pm 0,07$ Morouço et al., 2008; $1,53 + 0,06\text{m/s}$ - Psycharakis e Sanders, 2008 e SANTOS et al., 2010; $1,48 \pm 0,06\text{m/s}$ - Keskinen, 2006). Essas diferenças podem ser explicadas pela constituição mista da amostra do presente estudo, que contrasta com a inclusão de homens nos demais estudos. Em contrapartida, a velocidade de nado está em consonância com os $1,42 \pm 0,11\text{m/s}$ reportados por Papoti et al., (2007) em 13 nadadores ($16 \pm 1,5$ anos) que foram avaliados antes de um treinamento aeróbio. A análise desses dados permite inferir que a amostra do presente estudo pode ser classificada como composta por nadadores de elite.

5.1 Nado atado

A força (pico e média) no nado atado foi menor do que aquela apontada pela literatura (MOROUÇO, 2009; PAPOTI et al., 2007; MARINHO e GOMES, 1999; KESKINEN et al., 2006). O maior tempo do teste de nado atado (120s) em relação aos demais estudos (30s) pode explicar tais diferenças. Dessa forma, o maior período de tempo requerido também pode explicar a falta de correlação da força média com a velocidade da prova de 200m, uma vez que força é mais fortemente associada com sprints na natação (GIROLD et al., 2006). De fato, Magel (1970) demonstrou que quanto menor a duração do teste utilizado, maior os resultados da força desenvolvida. Tais achados reforçam a idéia que a correlação entre força em nado atado e velocidade em nado livre, diminuem com o aumento da metragem de

prova percorrida (Morouço et al., 2009, Papoti et al., 2003). Por outro lado, as correlações entre a força máxima e média apresentam elevada correlação em provas de curta duração. Morouço (2009) encontrou fortes correlações de força máxima e média no teste de 30s em nado atado e a velocidade de 50m ($r = 0,78$ e $0,72$ respectivamente) e moderada entre a velocidade de 100m ($r = 0,63$ e $0,61$). Marinho e Gomes (1999) também observaram elevada correlação entre registro de 10s em nado atado máximo e 25m em nado livre, sendo registrado que a melhoria da velocidade acompanha o aumento dos níveis de força, independente do gênero ($0,85$ para o sexo masculino e $0,89$ para o feminino). Resultados de correlações entre o pico e a média da força gerada em nado ondulatório atado e o desempenho máximo de 15m (nado ondulatório submerso) e 25 m (nado ondulatório na superfície) (PAPOTI et al., 2007) também reforçam a relação inversa entre os indicadores de força e a velocidade de nado.

Apesar da dificuldade de correlacionar os indicadores de força com a velocidade de nado na prova de 200m, os esforços de nado atado nessa condição são mais específicos (120s), visto que o sistema energético envolvido entre os testes é o equivalente. Assim, a moderada correlação entre a força pico no nado atado (FP_{NA}) indicam que essa variável pode ser utilizado como preditor de performance. No entanto, Papoti et al. (2005), não encontraram correlações entre a força pico com performances máximas (100, 200, 300, 400, 600). Tais discrepâncias podem ser justificadas pelo tempo empregado no teste de nado atado (30s) e a metodologia utilizada para o calculo da força pico que foi baseada na média dos 5 valores mais elevados do teste, ao invés da média do pico de todas as braçadas ao longo das provas. Tal metodologia pode ter superestimado o pico médio e ter influenciado os coeficientes de correlação. Por outro lado, a média do pico de cada braçada desempenhada ao longo da prova de 200m representa uma estimativa mais real em relação as demandas da condição de competição.

A hipótese H_1 de que o FP_{NA} se correlaciona com a VL_{NL} , foi confirmada, enquanto a hipótese H_2 de que FM_{NA} se correlaciona com VL_{NL} foi rejeitada.

A FMB no nado atado foi 5,3% menor que a do nado livre, diferentemente do que se esperava. Esperava-se que a inércia da água movimentada pelas ações propulsivas do nado oferecesse menos resistência ao deslocamento do segmento e

que a FMB fosse mais elevada no nado atado do que no nado livre. Este achado contrasta com os achados de Castro et al. (2010) em que a comparação entre a frequência média de braçada em 30s de nado atado não diferiu daquela encontrada no nado livre de 200m. Os achados de Castro et al. (2010) reportam uma similaridade ainda maior para os 50m iniciais da prova que teve um tempo similar a duração do teste em nado atado ($30,2 \pm 0,89s$). Uma justificativa para a alta associação entre a FMB entre os nados livre e atado encontrada por Castro et al. (2010) pode estar na utilização de um período relativamente curto no qual os dados foram coletados na prova de nado atado (30s). Medidas tomadas no início da prova desconsideram o efeito deletério da fadiga que se instala a medida que a prova se desenvolve e tendem a não retratar a prova, mas apenas uma fração obtida no início do teste/prova. De fato, a FB sofre alterações em função da distância e do tempo de prova, onde a FB é maior nas provas mais curtas (COLWIN, 2000). Dessa forma, os achados do presente estudo tendem a refletir as relações entre as variáveis mais proximamente das condições de competição/treino dos atletas.

Por outro lado, a Frequência de Braçadas Crítica (estimada pelo número total de braçadas que pode ser completada com participação estrita do metabolismo anaeróbio) apresenta diferença significativa entre nado atado e livre (Perandini et al., 2006). Nos testes de Frequência de Braçadas Crítica, o tempo do nado é consideravelmente maior (1 a 10 min) do que aquele empregado em testes de curta duração (50m ou 30s). Logo, a Frequência de Braçadas Crítica também não apresentou correlação importante entre os nados atado e livre ($r \leq 0,41$; $p > 0,05$), evidenciando ausência de similaridade nos parâmetros cinemáticos dos nados. Da mesma forma, a falta de correlação da FB entre os nados livre e atado confirma as diferenças na cinemática do nado que têm sido apontadas por outros estudos (YATER et al., 1981; MAGLISCHO & MAGLISCHO, 1984). A criação de massas de água turbulentas durante o nado atado pode explicar a redução na eficácia do apoio e reduzir a velocidade de deslocamento da mão (RIBEIRO, 2007) e justificar a menor FB encontrada.

No presente estudo, a FM_{NA} não correlacionou com a VL_{NL} , e as FBs entre nados (NA e NL). Portanto, essas variáveis não puderam prever o desempenho em nado livre.

Hipótese H₃ de que, no NA a FB é mais elevada do que no NL e que as FBs entre NA e NL se correlacionam, foi recusada.

Apesar da frequência média de braçada não apresentar relação com as variáveis do nado em provas que se aproximam das características das competições, ainda é necessário observar seu comportamento ao longo da prova.

A velocidade na natação é determinada pelo comprimento (CB) e pela frequência de braçada (FB) (SEIFERT et al., 2005, TELLA et al., 2007). Combinações dessas variáveis são observadas para obtenção de velocidades máximas (TOUSSANT et al., 2006, SMITH et al., 2002) e diferentes estratégias para manutenção da velocidade durante a prova (ALBERTY et al., 2009).

Durante o nado livre, a FB apresentou decréscimo do início para meio do teste, e manteve-se inalterada do meio para o final, enquanto para o nado atado houve queda em todos os instantes avaliados (figura 4.4). Quedas de desempenho do início para o meio da prova que são mantidas entre o meio e o final também tem sido reportado por outros. Seifert et al., (2005) encontraram tendência de redução na FB durante percurso de 100m. Essa redução foi maior na primeira para a segunda parte da prova (queda de 8,9%) e menor nas seguintes (5,1% da segunda para a terceira e 1,8% da terceira para quarta parte da prova). Toussant et al., (2006) verificou diminuição da FB durante prova de 100m (10,6%) com maior decréscimo da primeira para a segunda parte da prova, sendo que o declínio entre na última parte não foi significativo. Provavelmente, a fadiga induzida durante o teste pode explicar tal diminuição (Keskinen, 1997). TELLA et al. (2007) encontraram redução de $55,26 \pm 0,4$ para $47,36 \pm 1,71$ braçadas.min.⁻¹ na FB após a indução de fadiga para uma prova de 25 m. Papoti (2007) verificou redução de $11,12 \pm 8\%$ ($1,55 \pm 0,13$ para $1,37 \pm 0,14$ HZ) entre primeiro e segundo teste de esforços máximos de 30s em nado atado separados por 20s de intervalo passivo. Da mesma forma, os decréscimos verificados no presente estudo foram associados a perda de desempenho do nado provocado pelo desenvolvimento da fadiga durante o próprio teste. Não foram encontrados na literatura relatos de comportamentos bem estabelecidos em relação à FB e duração da prova (COLWIN, 2000). Alguns estudos têm reportado FB constante durante a prova (CHOLLET et al., 1997), aumentos (ALBERTY et al., 2009) ou ainda diminuição (ALBERTY et al., 2005; SEIFERT et al., 2005; TOUSSANT et al., 2006). Todavia, nadadores mais habilidosos além de apresentarem maior velocidade, também apresentam FB e CB mais constantes no decurso da prova (SILVA, 2007; CHOLLET et al., 1997). Assim, parece que variações da FB e do CB dependem da estratégia do nadador empregada para

manter ou incrementar a velocidade do meio para o final da prova. Tais estratégias dependem do contexto da prova. Na prova de 200m de NL, os atletas têm ciência de seu decurso, enquanto no NA, não possuíam acompanhamento do tempo, estando incapacitados de prever os instantes do teste.

A hipótese H₄ de que a FB inicialmente aumenta com a fadiga para manter velocidade, mas depois decresce, por incapacidade de manutenção foi rejeitada.

5.2 Comportamento dos parâmetros propulsivos com o decorrer do NA

A redução do desempenho no nado atado foi observada por uma diminuição em todas as variáveis avaliadas (pico e média de força, taxa de desenvolvimento de força e impulso) do início para o meio e fim do teste, mas não entre o meio e o fim (vide Figura 4.6). Declínios na força propulsiva durante 30s de NA em todos os estilos de nado têm sido relatados (MOROUÇO, 2009) e atribuídos à incapacidade do sistema em manter uma resposta constante ao longo dos testes. Análises sobre a potência mecânica produzida em cada um dos segmentos superiores propulsivos também já demonstrou decréscimos durante prova de 100m crawl (~25%) em função de mecanismos de fadiga (TOUSSANT et al., 2006).

A redução da capacidade de gerar força está associada com a fadiga gerada durante a prova (ALBERTY et al., 2009) e induz a um conjunto de mudanças que envolvem alterações na técnica do nado, aumento de arrasto (TOUSSANT et al., 2006) e perda de velocidade (TELLA et al., 2007; TOUSSANT et al., 2006). Da mesma forma, a queda nos parâmetros propulsivos verificada no presente estudo foi associada a fadiga.

Apesar da importante queda observada do início para o meio do teste, alterações entre o meio e o final do teste não foram suficientes para que diferenças significativas fossem detectadas. A relativa manutenção dos parâmetros entre o meio e o final do teste pode ser interpretada pela acomodação de uma intensidade adotada após os instantes iniciais do nado, que permitisse o desempenho até sua conclusão, além de uma estratégia dos atletas para preservar uma “reserva fisiológica” nos instantes finais do teste. A depleção dos sistemas energéticos, redução da participação do sistema anaeróbio com concomitante aumento da

participação do sistema aeróbio e o efeito inibidor da instalação da acidose também podem ter influenciado o desempenho. A contribuição de tais mecanismos não constitui objeto de análise nesse estudo.

Assim, a hipótese H₅ da ocorrência de declives no I_{NA}, na FM_{NA} e FP_{NA} com o decorrer do tempo devido à fadiga foi aceita.

5.3 Assimetrias no NA

Diferenças na aplicação da força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força e impulso entre hemicorpos foi testada. Os resultados apontaram a existência de assimetrias para todas as variáveis em análise (FIGURA 4.5). As assimetrias estão associadas fundamentalmente com a ação dos braços que são principais contribuintes com a propulsão no estilo crawl. Estudos anteriores haviam apontado assimetrias de força de ombro em avaliações isocinéticas (CHOLLET et al., 2009; OLIVIER et al. 2008), de coordenação de braço (ALBERTY et al., 2009; CHOLLET et al., 2009; SEIFERT et al., 2005) e rolamento do ombro e quadril (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2008) através da análise de vídeos sincronizados entre os hemicorpos. Dessa forma, esse é o primeiro estudo a demonstrar diferenças entre os hemicorpos durante o nado propriamente dito, através da análise das forças propulsivas.

A maioria dos estudos que analisaram as assimetrias tem atribuído as diferenças entre os hemicorpos como decorrentes da respiração (CHOLLET et al., 2009; OLIVIER et al. 2008; PSYCHARAKIS e SANDERS, 2008). Os resultados do presente estudo não respaldam um efeito pronunciado da respiração sobre a assimetria posto que a divisão de grupos por preferência respiratória (uni e bilateral) não apresentou influência da assimetria. O efeito da respiração foi minimizado pelo uso do “snorkel” para evitar a rotação do corpo durante a respiração. Todavia, o emprego do “snorkel” não foi suficiente para remover as assimetrias do nado, ou seja, as assimetrias independem da mecânica respiratória durante o nado. Caso as assimetrias tivessem sido causadas pela alteração do nado pelo efeito da respiração, as alterações seriam observadas apenas nos nadadores que empregam respiração para um único lado. A assimetria encontrada em nadadores que utilizam respiração bilateral contrapõe a idéia de que a respiração cause diferenças entre os

hemicorpos. Outros estudos que envolvam um número maior de nadadores são necessários para analisar se tais efeitos são confirmados.

Seifert et al. (2005), verificaram que coordenação assimétrica é ampliada em função da respiração apenas para os nadadores menos habilidosos. Nadadores de elite apresentaram maior coordenação de braço, o que mantém seu nado mais eficiente e as assimetrias encontradas não são influenciadas pela ação respiratória, posto que esses atletas respiram sem alterar a técnica da braçada de maneira importante (SEIFERT et al., 2005).

Outra hipótese para justificar a presença de assimetria está relacionada à estratégia de nado. Existem argumentos que durante o nado, um dos membros superiores seria empregado predominantemente para propulsão, enquanto o outro para controle e suporte (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2008). A estratégia de um braço ser responsável pelo ritmo e produzir as forças superiores, explicaria a preferência da respiração unilateral por muitos atletas (SEIFERT et al., 2005). Contudo, os resultados do presente estudo demonstram que os atletas mais habilidosos são menos assimétricos o que torna tal estratégia, no mínimo, ineficaz. Além disso, teste isométrico (vide Tabela 2) confirmou assimetrias entre os hemicorpos fora do nado.

A presença/ausência de assimetria, pode ser dependente da habilidade técnica do atleta (CHOLLET et al., 2009), visto que atletas de elevado desempenho são menos assimétricos. Os melhores desempenhos do grupo menos assimétrico reforçam a necessidade de reduzir a assimetria entre os segmentos para que elevadas performances possam ser atingidas.

A dominância do uso de um dos segmentos não pode explicar as assimetrias, posto que alguns atletas destros apresentaram assimetrias positivas (esquerdo maior que o direito) e vice-versa. Talvez, a maior capacidade de gerar força independa da dominância encontrada nas atividades diárias, pois os nadadores que apresentaram maior força isométrica em um segmento também apresentaram maior força pico naquele segmento durante o NA, independentemente de sua dominância.

Os fatores que determinam a assimetria em nadadores ainda permanecem em aberto. Todavia, as repetições dos movimentos estereotipados da técnica incorreta de nado são os fatores mais prováveis para acentuadas assimetrias. Olivier et al. (2008) demonstrou que resultados de força isocinética entre os ombros direito ($61,2 \pm 10,2$ Nm) e esquerdo ($52,8 \pm 9,8$ Nm) indicam uma diferença de 14% em

nadadores, enquanto sedentários não apresentaram diferenças. Apesar da diferença na natureza da contração muscular (isométrico vs isocinético) as assimetrias do presente estudo (12%) são consistentes com aquelas encontradas por Olivier et al. (2008).

O indicativo da existência de assimetrias na aplicação de força entre hemicorpos alerta técnicos e preparadores para um trabalho compensatório que vise um maior equilíbrio entre os segmentos, já que menores valores de assimetrias estão associados às melhores performances. Também se faz necessário que técnicos e atletas preservem a técnica correta dos movimentos a fim de minimizar as assimetrias.

A hipótese H₆ de que existem assimetrias na aplicação de força, na taxa de desenvolvimento de força e no impulso no nado atado entre hemicorpos foi confirmada. Em adição, a hipótese H₈ de que grupo de maior desempenho apresenta menores valores de assimetrias que grupo de menor desempenho também foi confirmada. O achado de que o grupo de preferência respiratória unilateral apresenta maiores assimetrias de aplicação de força que grupo de preferência respiratória bilateral não permitiu aceitar a hipótese H₇.

5.3.1 Associação entre assimetria em condições de fadiga

A hipótese que o uso mais pronunciado de um segmento durante a realização de um esforço prolongado poderia causar maior perda de desempenho durante a prova foi testada. Para essa finalidade, as assimetrias encontradas no NA foram analisadas ao longo da prova a fim de determinar se tais assimetrias seriam reduzidas. Os resultados indicaram que as diferenças absolutas e relativas entre os segmentos foram mantidas ao longo do teste. Os parâmetros propulsivos do nado (FP_{NA} , FPM_{NA} , TDF_{NA} , I_{NA}) apresentaram queda similar entre hemicorpos e sugerem que fadiga não influencia a assimetria. Esses resultados estão em consonância com o estudo de Tella et al. (2007) e Aujouannett et al. (2006) que encontraram a manutenção do tempo de latência entre as fases propulsoras das braçadas direita e esquerda quando analisaram a coordenação dos braços no nado. Por outro lado, outros estudos (ALBERTY et al., 2009; VANTORRE et al., 2010) encontraram aumento na simetria de coordenação dos membros em condições de fadiga. Os

achados de VANTORRE et al., (2010) indicam que tais modificações ocorrem principalmente na fase propulsiva do nado.

Assim, a hipótese H_9 de que assimetrias entre hemicorpos seriam reduzidas com a fadiga e a hipótese H_{10} que decréscimos de aplicação de força seriam mais acentuado para hemicorpo dominante com acúmulo da fadiga não foram confirmadas.

5.4 Nado Atado vs Teste Isométrico

Vários treinamentos de natação incluem exercícios de resistência em terra seca. Entretanto, estudos sobre efeito de treino em terra seca têm sido controversos, visto que a transferência de ganhos entre o desempenho no seco e na prova propriamente dita não são garantidos (TANAKA et al., 1993; BARBOSA et al., 2007). Da mesma forma, métodos de avaliação inespecíficos são questionados porque não reproduzem a mesma demanda neuromuscular e biomecânica da execução do movimento durante a prova (MARINHO, 2002).

A falta de relação entre a taxa de desenvolvimento e a força máxima nos testes de NA e isométrico demonstram a dificuldade de avaliações isométricas em reproduzir as condições dinâmicas presentes nos movimentos de braçada, que são fatores determinantes da velocidade.

Todavia, sempre que um hemicorpo (direito ou esquerdo) apresentou maior força na água, o mesmo apresentou maior força também no teste isométrico e o percentual das assimetrias encontradas entre testes (FP_{NA} e FI_{MAX}) foi similar. Isso revela que, ainda que existam diferenças em relação as especificidades entre os testes, os testes fora da água (testes isométricos) são sensíveis para detectar discrepâncias entre a capacidade de gerar força de membros superiores. Assim, o teste isométrico parece ser adequado para detectar assimetrias entre os segmentos. Por outro lado, os resultados dos testes isométricos não se associam com os indicadores propulsivos do nado atado.

Marinho e Junior (2004) também não averiguaram correlação entre teste isométrico (flexão de 120°) e a velocidade de nado em 15 metros para grupo de alto nível, porém elevada correlação foi encontrada em grupos de menor habilidade técnica. A diferença entre grupos pode ter sido favorecida pela performance de

nadadores menos proficientes depender mais da força do que da técnica de nado (MARINHO e JUNIOR, 2004). Um nadador cujo padrão técnico é incorreto necessita de maiores quantidades de força e potência para vencer as forças excessivas de arrasto que provoca (SILVA et al., 2006). Estes aspectos indicam falta de especificidade dos testes de força em seco e confirmam que quanto maior o nível dos atletas, mais específicos devem ser os métodos empregados para mensurar força (MARINHO e JUNIOR, 2004). Quando os valores de força entre os grupos de maior e menor desempenho foram comparados, não foram encontradas diferenças, contrariando o ocorrido com a velocidade. Logo, o método isométrico de avaliação da força possui baixa capacidade de diferenciação do nível de performance dos nadadores (MARINHO e JUNIOR, 2004). Existem achados que tem demonstrado que força isométrica avaliada em ângulos de 30°, 90° e 120° não diferem (ROWARD et al., 2006) o que demonstra a não interferência do ângulo escolhido para análise.

A hipótese H_{11} de que o teste isométrico apresenta maiores valores de aplicação de força que NA foi aceita, porém a hipótese H_{12} de que força isométrica (FI) se correlaciona com FP_{NA} foi rejeitada.

6. CONCLUSÃO

O estudo teve como finalidade analisar a relação das forças propulsivas entre os hemis corp os direito e esquerdo durante 2min de nado atado.

Para esforços máximos de nado atado em período próximo ao utilizado na realização de provas de 200m estilo crawl, somente FP_{NA} mostrou-se capaz de pre dizer performance em todos os instantes do nado. A FB_{NA} apresentou queda durante toda a prova provavelmente por dificuldade na estratégia de aumento ou manutenção no final do teste para sustentar a velocidade, visto que não possuíam acompanhamento dos instantes da prova.

Assimetrias foram encontradas entre hemis corp os para todas as variáveis avaliadas indiferente da preferência respiratória ou do nível de desempenho, todavia grupo de menor performance mostrou-se mais assimétrico. A diferença de aplicação de força entre hemis corp os manteve-se em igual proporção durante todos os instantes da prova (início, meio e fim). Tal achado indicou que a fadiga que se instala ao longo da prova não influencia as diferenças na capacidade de gerar força propulsiva entre os segmentos.

Para todas as variáveis avaliadas houve perda de desempenho do nado entre início e meio, mas não entre meio e fim. A redução ficou associada com possível fadiga gerada pelo próprio teste.

O teste isométrico apresentou diferenças e não se comparou com FP_{NA} e TDF_{NA} , obtidos no nado atado. Os resultados reforçam as dificuldades do teste isométrico em reproduzir as ações dinâmicas presentes no nado atado. Apesar da baixa associação entre o teste isométrico e as variáveis utilizadas para caracterizar a força propulsiva durante o nado atado, o teste isométrico foi capaz de identificar discrepâncias entre os hemis corp os.

Os achados do presente estudo contribuem com a natação de alto rendimento com o indicativo da existência de assimetrias de aplicação de força entre hemis corp os e alerta para um trabalho de desenvolvimento muscular compensatório e de técnica de movimento no nado que vise um maior equilíbrio, posto que, menores assimetrias foram associadas às melhores performances.

Hipóteses	Aceita	Rejeitada
H₁: FP_{NA} se correlaciona com a VM_{NL} .	X	
H₂: FM_{NA} se correlaciona com a VM_{NL} .		X
H₃: No NA, valores de FB são mais elevados em relação ao NL, porém as FB entre NA e NL se correlacionam.		X
H₄: FB inicialmente aumenta com a fadiga para manter velocidade, mas depois decresce, por incapacidade de manutenção.		X
H₅: Declive no I_{NA} , na FM_{NA} e FP_{NA} com o decorrer do tempo devido à fadiga	X	
H₆: Existem assimetrias de aplicação de força entre hemicorpos.	X	
H₇: Grupo de preferência respiratória unilateral apresenta maiores assimetrias de aplicação de força que grupo de preferência respiratória bilateral.		X
H₈: Grupo de maior desempenho apresenta menores valores de assimetrias que grupo de menor desempenho	X	
H₉: Assimetrias entre hemicorpos tendem diminuir com a fadiga.		X
H₁₀: Decréscimo de aplicação de força é mais acentuado para hemicorpo dominante com acúmulo de fadiga.		X
H₁₁: Teste isométrico apresenta maiores valores de aplicação de força que nado atado.	X	
H₁₂: Força isométrica (FI) se correlaciona com FP_{NA} .		X

REFERÊNCIAS

ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; PELAYO, P.; TOUSSAINT, H. M. Stroking characteristics during time to exhaustion tests. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.41, n.3, p.637-644, 2009.

ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; HUOT-MARCHAND, F.; HESPEL, J.M.; PELAYO, P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. **International Journal Of Sports Medicine**, v.26, n.6, p.471-475, 2005.

AUJOUANNET, Y.A.; ROUARD, A.H.; BONIFAZI, M. Effects of fatigue on the kinematic hands symmetry in freestyle. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, v.6, n.2, 2006.

BARBOSA A. C.; MORAESR. C.; JÚNIOR O. A. Efeito do treinamento de força na relação força muscular desempenho aeróbio de nadadores competitivos **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 2007.

BARBOSA, T. M. e VILAS-BOAS, J. P. Estudo de diversos conceitos de eficiência da locomoção humana no meio aquático **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, p.337-349, 2001.

BUTTS NK, HENRY BA, MCLEAN D. Correlations between VO₂max and performance times of recreational triathletes. **Journal Sports Med Phys Fitness**. v.31, n.3, p.339-344, 1991

CAPUTO, F.; LUCAS, R. D.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v.8, n.3, p.7-13, 2000.

CASTRO, F. A. S.; GUIMARÃES, A. C. (in memoriam)*; MOREÍ, F. C.; LAMMERHIRT H. M.; MARQUES, A. C. Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.19, n.3, p.223-232, 2005.

CASTRO, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MOREÍ, F. C.; MOTA, C. B.; Relações entre desempenho em 200m nado crawl e variáveis cinéticas do teste de nado estacionário. **Revista Brasileira Ciência e Esporte**, v.31, n.3, 2010.

CATY V, AUJOUANNET Y, HINTZY F, BONIFAZI M, CLARYS JP, ROUARD AH. Wrist stabilisation and forearm muscle coactivation during freestyle swimming. **Journal Electromyogr Kinesiol**. v.17, n.3, p.285-291, 2007.

CHATARD, J. C.; WILSON, B.; Effect of fastskin suits on performance, drag, and energy cost of swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.40, n.6, p.1149-1154, 2008.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; & CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: Description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, v.21, p.54–59, 2000.

COLWIN, C. M. **Nadando para o século XXI**. São Paulo: Manole, 2000.

CONLEY, D. S.; CURETON, K. J.; DENGEL DR, WEYAND PG. Validation of the 12-min swim as a field test of peak aerobic power in young men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.23, n.6, p.766-773, 1991.

CONLEY DS, CURETON KJ, HINSON BT, HIGBIE EJ, WEYAND PG. Validation of the 12-minute swim as a field test of peak aerobic power in young women. **Research Quarterly for Exercise & Sport** . v.63, n.2, p.153-161, 1992.

COSTILL, D. L.; MAGLICO, E. W.; RICHARDSON, A. B. **Natación: aspectos biológicos y mecánicos. Técnica entrenamiento. Tests, controles y aspectos médicos**. 3ª ed. Barcelona: Hispano Europea, 2001.

DICKER, S. G.; LOFTHUS, G. K.; THORNTON, N. W.; BROOKS, G. A. Respiratory and heart rate responses to tethered controlled frequency breathing swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. Spring. v.12, n.1, p.20-23, 1980.

GATTI, R. G. O.; ERICHSEN, O. A.; MELO, S. I. L. Respostas fisiológicas e biomecânicas de nadadores em diferentes intensidades de nado. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, Brasília, v.6, n.1, p.26-35, 2004.

GERGLEY, T. J.; MCARDLE, W. D.; DEJESUS, P.; TONER, M. M.; JACOBOWITZ S.; SPINA, R. J. Specificity of arm training on aerobic power during swimming and running. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.16, n.4, p.349-54, 1984.

GIROLD S, CALMELS P, MAURIN D, MILHAU N, CHATARD JC. Assisted and resisted sprint training in swimming. **Journal of Strength & Conditioning Research**. v. 20, n. 3, p.547-54, 2006.

GOLÇALVES, V. L. **Treinamento em Hidroginástica**. Ícone,1996.

HARDT, J.; BENJANUVATRA, N.; BLANKSBY B. Do footedness and strength asymmetry relate to the dominant stance in swimming track start? **Journal of Sports Sciences**. v.27, n.11, p.1221-1227, 2009.

HAY J. G. e REID J. G. **As Bases Anatômicas e Mecânicas do Movimento Humano**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1985.

HOOPER, S. L.; MACKINNON LT, GINN EM. Effects of three tapering techniques on the performance, forces and psychometric measures of competitive swimmers. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.78, n.3, p.258-263, 1998.

HOOPER, S. L.; MACKINNON, L. T.; HOWARD, A. Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.31, n.8, p.1205-1210, 1999.

KESKINEN, O. P.; KESKINEN, K. L.; MERO, A. A. Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. **International Journal of Sports Medicine**. v.28, n.5, p.407-413, 2007.

KJENDLIE, P. L.; THORSVALD, K. A tethered swimming power test is highly reliable. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, v. 6, n.2, 2006.

KNUDSON D. **Fundamentals of Biomechanics** 2ª ed. New York: Springer, 2007

MAGEL, J. R. Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles. **Research Quarterly**. p.68-74, 1970.

MAGLISCHO, C.W.; MAGLISCHO, E.W. Tethered and nontethered crawl swimming. In: J. Terauds; K. Barthels; E. Kreighbaum; R. Mann; J. Crakes; C.A.D. Mar (Eds.), **Proceedings of the ISBS: sports biomechanics**, p.163-176, 1984

MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, 1999.

MAKARENKO, L. P. **Natação: seleção de talentos e iniciação desportiva**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

MARINHO P. C. S. **Mensuração da força propulsora mediante o emprego do “nado amarrado” e sua relação com a velocidade básica de nadadores**. [Tese]. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

MARINHO, P. C.; JÚNIOR O. A. Mensuração da força isométrica e sua relação com a velocidade máxima de jovens nadadores com diferentes níveis de performance. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**. Brasília v. 12, n.1, 2004.

MOLLENDORF, J. C., A. C. TERMIN II, E. OPPENHEIM, and D. R. PENDERGAST. Effect of Swim Suit Design on Passive Drag. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, N.6, p.1029-1035, 2004.

MORÉ, F.C. Simetria das forças no nado crawl: influência da respiração **XII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. SP. 2007.

MORÉ, F. C. **Determinação da coordenação de nado por meio da análise cinemática e cinética no estilo crawl**. [Dissertação]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MOROUÇO P. **Force production in tethered swimming and its relationship with performance. A new approach to evaluate the anaerobic capacity of swimmers?** [Dissertação]. Universidade do Porto. Porto, 2009.

NEUFER, P. D.; COSTILL, D. L.; FIELDING, R. A.; FLYNN, M. G, KIRWAN JP. Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.19, n.5, p.486-90, 1987

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropométrica: um livro sobre medidas corporais para o esporte e cursos da área de saúde**. Porto Alegre: Artemed, trad. Nilda Maria Farias de Albernaz, 2005.

OLIVIER, N.; QUINTIN, G.; ROGEZ, J. Le complexe articulaire de l'épaule du nageur de haut niveau The high level swimmer articular shoulder complex **Ann Readapt Med Phys**. v.51, n.5, p.342-347, 2008.

PALMAR, M. L. **A ciência do ensino da natação**. São Paulo: Manole, 1990.

PAPOTI, M.; MARTINS, L. E. B.; CUNHA, S. A.; ZAGATTO, A. M.; GOBATTO CA. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto** v.3, p.36-42, 2003.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores** [Tese]. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, 2007.

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; ARAÚJO, G. G.; SILVA, A. S. R.; SANTHIAGO, V.; MARTINS, L. E. B.; CUNHA, S. A.; GOBATTO, C. A. Determination of Force Corresponding to Maximal Lactate Steady State in Tethered Swimming. **International Journal of Exercise Sciece**, v.2, n.4, 2009.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.; CUNHA, S.; ZAGATTO, A.; GOBATTO, C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, n.3, 2003.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M.; JÚNIOR, P. B. F.; CUNHA, S. A.; MARTINS, L. E. B. E GOBATTO C. A. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados **Revista Brasileira Medicina do Esporte**. v.11, N.2, 2005.

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; VELOSA, A. B.; CUNHA, S. A.; SILVA, A. S. R.; MARTINS, L. E. B.; GOBATTO, C. A. Uso de células de carga para mensuração da força dos membros inferiores em nado ondulatório. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto** v.7, n.3, p.313–318, 2007.

PAPOTI, M.; VITÓRIO R.; ARAÚJO G. G.; MARTINS L. E. B.; CUNHA S. A.; GOBATTO C. A. Força crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbia e predição de performances em nado livre **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v.12, n.1, p.14-20, 2010.

PETROSK EL. **Antropometria: técnicas e padronizações**. Porto Alegre: Pallotti, 2003.

PSYCHARAKIS, S. G.; SANDERS, R. H. Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise** . v.40, n.12, p.2129-2136, 2008.

RAGLIN, J. S.; KOCEJA, D. M.; STAGER, J. M.; HARMS, C. A. Mood, neuromuscular function, and performance during training in female swimmers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.28, n.3, p.372-377, 1996.

RIBEIRO, S. M. S. **Avaliação Indirecta da Funcionalidade Anaeróbia de Nadadores de Diferente Estatuto Maturacional com Recurso a Testes Laboratoriais e de Terreno**. [Tese]. Universidade do Porto. Porto, 2007.

ROUARD, A. H.; AUJOUANNET, Y. A.; HINTZY, F.; BONIFAZI M. Isometric force, tethered force and power ratios as tools for the evaluation of technical ability in freestyle swimming. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, v.6, n.2, 2006.

SANTHIAGO V. **Avaliação aeróbia de nadadores através de protocolos invasivos e não invasivos em duas situações distintas: nado livre e atado**. [Tese]. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

SANTOS, K. B.; BENTO, P. C. B.; SOUZA, B. L.; RODACKI, A. L. F. O efeito de diferentes trajes de natação sobre a performance durante duas intensidades de nado. **Revista da Educação Física/UEM**. v. 21, n. 4, 2010.

SEIFERT, L.; BOULESTEIX, L.; CARTER, M.; CHOLLET, D. The spatial-temporal and coordinative structures in elite male 100-m front crawl swimmers **International Journal of Sports Medicine**. v.26, n.4, p.286-293, 2005.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; ALLARD, P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. **Human Movement Science**. v.24, n.2, p.234-56, 2005.

SHARP, R. L.; D. L. COSTILL. Influence of body hair removal on physiological responses during breaststroke swimming **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.21, n.5, p.576-580, 1989.

SILVA, A. J. R. M.; REIS, V. M.; COSTA, A.; GARRIDO, N.; CARNEIRO, A. & TOLENTINO, J. O banco de nado biocinético como meio específico de treino de força em seco na natação **Brazilian Journal of Biomechanics**, Year. v.7, n.13, 2006.

SKINNER, A. T.; THOMSON, A. M. **Duffield: exercícios na água**. 3a ed. São Paulo: Manole, 1985.

Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. **Sports Med**. v.32, n.9, p.539-554, 2002.

STRASS, D. (1986) Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. . In B.E. UNGERECHTS, K. WILKE & K. REISCHLE (orgs.), **International series on sports science**: Vol. 18. Swimming Science V (p. 149-156). Champaign, IL: Human Kinetics.

SWAINE I. L. Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.32, n.7, p.1288-1292, 2000.

TANAKA, H.; COSTILL, L. D.; THOMAS R.; FINK, W. J.; WIDRICK, J. J. Dry-land resistance training for competitive swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1993

TAYLOR, S. R.; STRATTON, G.; MACLAREN, D. P. M.; LEES, A. A longitudinal study of tethered swimming force in competitive age group swimmers. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, n.2, p.73–118, 2003.

TELLA, V.; TOCA-HERRERA, J. L.; GALLACH, J. E.; BENAVENT, J.; GONZÁLEZ, L. M.; ARELLANO, R. Effect of fatigue on the intra-cycle acceleration in front crawl swimming: a time-frequency analysis. **Journal Biomechanics**. v.41, n.1, p.86-92, 2008.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade em física**. Rio de Janeiro: Artmed, 2007.

TOURNY-CHOLLET, C.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Effect of force symmetry on coordination in crawl. **International Journal of Sports Medicine**. v.30, n.3, p.182-187, 2009.

TOUSSAINT, H. M.; CAROL, A.; KRANENBORG, H.; TRUIJENS, M. J. Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.38, n.9, p.1635-1642, 2006.

VALASCO, C. G. **Natação segundo a psicomotricidade**. 2ª ed. Sprint, 1997.

VANTORRE, J.; SEIFERT, L.; FERNANDES, R. J.; BOAS, J. P.; CHOLLET, D. Kinematical profiling of the front crawl start. **International Journal of Sports Medicine**. v.31, n.1, p.16-21, 2010.

World Health Organization (WHO). **Physical status: the use and interpretation of anthropometry**. Geneva; 1995.

YEATER, R. A.; MARTIN, R. B.; WHITE, M. K.; GILSON, H. K. Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. **Journal Biomechanics**. v.8, p.527-537, 1981.

ANEXO

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você, atleta de natação, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado **“SIMETRIAS E ASSIMETRIAS NA FORÇA PROPOULSIVA DURANTE O NADO ATADO COM E SEM FADIGA”**. É através das pesquisas que ocorrem os avanços da modalidade, e sua participação é de fundamental importância.

O objetivo desta pesquisa é analisar a relação entre as forças propulsivas entre os hemisférios direito e esquerdo durante o NA em situações que envolvem fadiga

Caso participe do estudo terá que realizar alguns procedimentos antes e durante o estudo, descritos a seguir:

- Realizar aferição de Medidas antropométricas (determinação de peso, estatura, envergadura e índice de massa corporal). As mensurações serão feitas antes da realização das provas, pela própria autora da pesquisa, utilizando-se para tais, uma balança mecânica marca Filizola®, um estadiômetro tipo trena e uma fita antropométrica de marca Sanny®. O índice de massa corporal será obtido pela divisão do peso corporal pela estatura ao quadrado. Para todas as aferições os indivíduos se encontrarão em posição ortostática.
- O participante não deverá realizar nenhum tipo de atividade física intensa nas 24 horas que antecedem as provas.
- O participante terá que realizar para o estudo, dois testes que compreenderão: (i) uma simulação máxima de 200 m crawl em nado livre, e (ii) 2 min de esforços máximos estilo crawl em protocolo de nado atado.

Você pode sentir um pouco de desconforto durante a realização das provas, assim como estar sujeito a certos riscos, tais como:

- sentir exaustão e taquicardia que melhoram após a interrupção das provas.
- dores musculares e articulares durante e após a realização das provas

A pesquisa trará como principais benefícios: a) subsídios para uma melhor prescrição do treinamento pelos técnicos que visem evitar instabilidade de articulação do ombro (CHOLLET et al., 2005) responder a assimetrias excessivas (SEIFER et al., 2005) e reduzir risco de fadiga prematura; b) verificar a real contribuição da força de segmentos corporais durante o NA, assim como seu comportamento mediante fadiga.

Os pesquisadores Karini Borges dos Santos (mestranda em Atividade Física e Esporte) e André Luiz Félix Rodacki (professor dos curso de graduação e pós-graduação em Educação Física da UFPR), responsáveis pelo estudo, poderão ser contatados no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da UFPR de segunda a sexta das 8:00 às 12:00 horas e das 13:30 às 17:00 horas ou pelos telefones (41) 9115-8236 e (41) 3360-4333 para esclarecimento de eventuais

dúvidas a respeito desta pesquisa. Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.

Sua participação neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de recusar participar do estudo, ou se aceitar a participar, retirar seu consentimento a qualquer momento. Este fato não te prejudicará em nenhum tipo de quesito.

Terão acesso às informações relacionadas ao estudo, a autora (Karini Borges dos Santos) e seu devido orientador (André Luiz Félix Rodacki), no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida.

Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa **não** serão de responsabilidade do participante e pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Durante 48 horas antes da realização da prova você não deverá ingerir nenhum tipo de medicamento sem informar antecipadamente a pesquisadora do respectivo trabalho.

Durante 24 antes dos testes você deve evitar ingerir substâncias estimulantes como café, refrigerantes (cola), etc.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo ao qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper a participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão. Eu entendi o que não posso fazer antes da realização da prova e sei que qualquer problema relacionado ao estudo será tratado sem custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Assinatura do participante

Assinatura da pesquisadora

Assinatura do orientador

Data: ____/____/____